

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta
Katedra chemie a didaktiky chemie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Využití senzorické analýzy v edukačních experimentech

The Use of Sensory Analysis in Educational Experiments

Markéta Zoufalá

Vedoucí práce: PhDr. Martin Rusek, Ph.D.

Studijní program: Specializace v pedagogice (B7507)

Studijní obor: B BI-CH

2017

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Využití senzorické analýzy v edukačních experimentech vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále prohlašuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

v Praze dne 20. dubna 2017

.....

podpis

Poděkování

Děkuji PhDr. Martinovi Ruskovi, Ph.D. za odborné vedení práce, podporu a trpělivost.

Anotace

Bakalářská práce má přiblížit senzorickou analýzu a možnosti jejího využití v edukačních experimentech ve výuce chemie. Kromě vlastního smyslového vnímání a obsažení všech lidských smyslů, klade důraz na kyselou a slanou chuť. Objevují se zde úlohy, ve kterých se uplatňují zmíněné chutě a poznatky ze senzorického hodnocení jsou následně ověřovány pomocí instrumentálních metod.

Klíčová slova

senzorická analýza, školní experimenty, kyselá, slaná

Annotation

The bachelor thesis introduces the topic of sensory analysis and the possible ways it could be used in educational experiments in chemistry lessons. It focuses on sensory perception in general and describes all human senses. Out of flavours it emphasise especially salty and sour taste. Problems inspired by those flavours are presented and the findings received from the sensory assessment are later tested with the help of instrumental methods.

Keywords

sensory analysis, school experiments, sour, salty

Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Úvod a cíle práce | 7 |
| 2 | Teoretická východiska | 8 |
| 2.1 | Senzorická analýza | 8 |
| 2.1.1 | Historie | 8 |
| 2.1.2 | Senzorická analýza jako vědecký obor | 8 |
| 2.1.3 | Definice senzorické analýzy | 8 |
| 2.1.4 | Podmínky senzorického hodnocení | 9 |
| 2.1.5 | Určení spodního podnětového prahu k jedné ze základních chutí | 10 |
| 2.2 | Smyslové vnímání | 10 |
| 2.2.1 | Smyslové orgány (organa sensuum) - stavba a funkce | 10 |
| 2.2.2 | Vlastní smyslové orgány | 13 |
| 2.3 | Chuť | 22 |
| 2.3.1 | Anatomie chuťových receptorů | 22 |
| 2.3.2 | Vnímání chuti | 23 |
| 2.3.3 | Rozmístění chuťových receptorů na jazyku | 24 |
| 2.3.4 | Rozlišení chutí | 25 |
| 2.3.5 | Specifika chuťového vnímání | 25 |
| 2.3.6 | Poruchy chuťového vnímání | 26 |
| 2.3.7 | Důležitost chuti při senzorickém hodnocení | 26 |
| 2.3.8 | Kyselá chuť | 26 |
| 2.3.9 | Slaná chuť | 35 |
| 3 | Návrhy badatelsky orientovaných aktivit pro žáky | 41 |
| 3.1 | Školní a edukační experiment a badatelsky orientovaná výuka | 41 |
| 3.1.1 | Školní a edukační experiment | 41 |
| 3.1.2 | Badatelsky orientovaná výuka | 42 |
| 3.2 | Kyselost roztoků I | 43 |
| 3.2.1 | Senzorická část (senzorická analýza) | 43 |
| 3.2.2 | Instrumentální část (instrumentální analýza) | 43 |
| 3.2.3 | Kyselost roztoků II – v návaznosti na předchozí úlohu Kyselost roztoků I .. | 44 |
| 3.3 | Koncentrace roztoků – Určení spodního podnětového prahu k jedné ze základních chutí | 45 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.3.1 | Senzorická část (senzorická analýza) | 46 |
| 3.3.2 | Instrumentální část (instrumentální analýza)..... | 46 |
| 3.4 | Vyzkoušení úloh s budoucími učiteli | 47 |
| 4 | Diskuse a závěr | 49 |
| 5 | Seznam použitých zdrojů..... | 50 |
| 6 | Seznam příloh | 56 |

1 Úvod a cíle práce

Senzorické hodnocení, hodnocení pomocí smyslů, bývá hojně využíváno a zároveň je atraktivní. Nabízela se proto myšlenka, zda by se dala tato zajímavá forma poznání zařadit i do výuky chemie a jak pomocí ní pracovat a zkoumat témata, která jsou běžně probírána ve vyučovacích hodinách chemie. S touto myšlenkou jsem pracovala, sbírala potřebné informace o smyslovém vnímání, senzorické analýze, školních experimentech a dalších. Snažila jsem se přiblížit senzorickou analýzu a nalézt podklad pro školní experimenty v chemii. V této práci se podrobněji zabývám dvěma ze základních chutí, kyselou a slanou, jejichž určení a ověření instrumentálními metodami je předmětem této práce. Žáci tak získají více pohledů na danou problematiku probíranou ve škole, snad i zábavnější formou.

2 Teoretická východiska

2.1 Senzorická analýza

2.1.1 Historie

Senzorické hodnocení (potravin) pomocí lidských smyslů je známo již od pradávna. V minulosti přinášelo hlavně informaci o tom, zda potravinu není zkažená a je tedy možné ji zkonzumovat. Potraviny sladké a tučné byly hodnoceny příznivě, dodávaly člověku energii. Naopak hořké potraviny signalizovaly nebezpečí – přítomnost jedovaté látky. Právě v dřívějších dobách bylo takovéto hodnocení v kompetenci tzv. koštérů. Tyto osoby měli v senzorickém hodnocení nemalé zkušenosti a vynikali velkou citlivostí. Většinou byli specializovaní na určitou potravinu, například čaj, víno. Často šlo o potraviny, které se exportovaly.¹

2.1.2 Senzorická analýza jako vědecký obor

Senzorická analýza představuje mladý vědecký obor. Zároveň je to obor multidisciplinární. K tomu, aby mohla být zavedena, bylo potřeba několika dalších vědeckých odvětví, například psychologie, fyziologie, sociologie, biologie, chemie, biochemie. Výrazným pokrokem pro senzorické hodnocení bylo zavedení stolních počítačů. Tím se hodnocení velmi zpřesnilo a mohlo dojít k zavedení metod senzorické analýzy. Dnes se senzorická analýza považuje za metodu objektivní, která má vědecký základ a svou přesností i objektivitou může být srovnávána s fyzikální analýzou, chemickou analýzou i analýzou biologickou.¹

Je také řazena mezi metody psychometrické. Posudek hodnotitele vychází z jeho zkušeností a pocitů.²

2.1.3 Definice senzorické analýzy

Definice senzorické analýzy je více, já zde uvádím dvě, dle mého názoru nejpresnější.

„Sensorickou analýzou rozumíme hodnocení potravin bezprostředně našimi smysly, včetně zpracování výsledků lidským centrálním nervovým systémem. Analýza probíhá za takových podmínek, kdy je zajištěno objektivní, přesné a reprodukovatelné měření.“^{1, s. 10}

„Senzorická analýza je vědecká disciplína používaná k vyvolání, měření, analyzování a interpretaci reakcí na ty charakteristické vlastnosti potravin a dalších výrobků, které jsou vnímány zrakovým, čichovým, chuťovým, sluchovým a hmatovým smyslem.“^{3, s. 3}

2.1.4 Podmínky senzorického hodnocení

Podmínek pro správné senzorické hodnocení je mnoho. Jsou určovány mezinárodními normami a mají odstranit rušivé elementy a zpřesnit hodnocení. Tímto způsobem se definuje, jak má být místnost pro senzorické hodnocení vybavena, jak připravit a předkládat vzorky, ale i názvosloví, jak školit hodnotitele a jak správně postupovat, aby byly správně provedeny jednotlivé metody senzorické analýzy.²

Místnost

Místnost pro senzorické hodnocení musí splňovat určitá kritéria – má být světlá, prostorná a dobře větratelná. Na stěnách nemají být obrazy, nápisy a další dekorace, které by mohly rušit. Teplota v místnosti, kde probíhá hodnocení, by se neměla měnit – nemělo by se v tu chvíli větrat ani by neměl být průvan.²

Nádobí a další pomůcky pro senzorickou analýzu

Nádobí pro účely senzorické analýzy musí být zdravotně nezávadné. Vzorky mají být předkládány k posouzení ve stejných nádobách, označeny nejlépe číselným čtyřmístným kódem.²

Hodnotitelé

Hodnotitelé musí podstoupit řadu zkoušek, aby se prokázala jejich způsobilost (fyzická a psychická) a mohli tak posuzování vykonávat^{2,4}. Zároveň je nutné tyto zkoušky v určitých časových rozmezích opakovat².

Délka hodnocení

Posuzování by nemělo být delší než dvě nebo tři hodiny denně (i s pravidelnými přestávkami)².

Vlastní hodnocení

Vzorky podávané k senzorickému hodnocení mají být ve stejných nádobách, má jich být přesně stanovené množství a mají mít stejnou teplotu. Mezi jednotlivými vzorky je nutné dodržovat určitý rozestup (přestávku). Pokud se má hodnotit více vzorků, je potřeba si mezi jednotlivými vzorky vypláchnout ústa (nebo použít jiný neutralizační prostředek, uvádí se například bílé pečivo), chvíli setrvat (uvádí se 1 minuta) a až potom si vzít na ochutnání další vzorek.²

2.1.5 Určení spodního podnětového prahu k jedné ze základních chutí

Této zkoušky se využívá, pokud chceme stanovit nejnižší koncentraci, při které je zkoušená osoba už schopná vnímat rozdíl mezi roztokem se zkoumanou látkou a destilovanou vodou. Při této zkoušce se podává řada vzorků právě jedné ze základních chutí. Pro sladkou chuť se používá jako standard sacharóza, pro kyselou chuť kyselina citronová nebo vinná, pro slanou chuť chlorid sodný a pro chuť hořkou kofein, případně chininhydrochlorid. Každá z těchto látek má stanovené určité rozmezí koncentrací. Připraví se řada roztoků (10–12 vzorků) z uvedeného rozmezí koncentrací. Toto rozmezí uvádí například v Sensorické analýze potravin: laboratorním cvičení². Nejprve se k hodnocení předkládá voda a následně vzorky od nejnižší koncentrace daného roztoku. Vzhledem k tomu, že někteří hodnotitelé mají tendenci, z psychických důvodů, hned druhý vzorek vnímat jako odlišný od vody, doporučuje se destilovanou vodu podat víckrát za sebou.²

„Prahová koncentrace se označí jako koncentrace prvního ochutnaného vzorku v řadě, u něhož již byla odlišnost od vody bezpečně prokázána.“², s. 12

Právě určení spodního podnětového prahu k jedné ze základních chutí je náplní úlohy Koncentrace roztoku.

2.2 Smyslové vnímání

2.2.1 Smyslové orgány (organa sensuum) – stavba a funkce

Činnost smyslových orgánů je velmi úzce spjata s činností nervové soustavy⁵.

Tyto orgány zachycují nejrůznější druhy podnětů, jednak z prostředí vnějšího (okolního), tak také z prostředí vnitřního, tedy z našeho těla. K přijímání a analyzování mnoha nejrůznějších podnětů má organismus vyvinuty specializované orgány – čidla (receptory), která jsou specializována na určité druhy podnětů.⁶

Podněty mohou být chemické, mechanické, zvukové, světelné⁷. Při senzoričské analýze potravin se jedná téměř jen o vnější podněty¹.

Smyslové ústrojí je složeno ze tří částí a to z: receptoru, dostředivých nervových drah a korového projekčního centra. Dohromady tyto tři složky označujeme jako analyzátor. Receptor bezprostředně zachycuje podnět. Ten vyvolá podráždění, a to se přetváří v nervový vzruch. Dostředivou nervovou drahou je vedena vzruchová aktivita vyvolaná

podnětem do korového centra, ve kterém dojde ke zpracování vzruchu, na jehož základě vznikne počitek a smyslový vjem.^{5, 8}

„Počitek je základní prvek vnímání zobrazující jednotlivou vlastnost vnímaného předmětu (např. počitek barvy, vůně) a nemůže být dále dělen. Vjem je komplex počitků, do kterého se promítá zkušenost a emotivita.“^{9, s. 323}

2.2.1.1 Receptory buňky

Jako receptory označujeme zařízení, která jsou specializována k vnímání chemických, mechanických, tepelných, elektromagnetických podnětů¹⁰.

Jedná se o vazebná místa bílkovinné povahy uvnitř buňky nebo na jejím povrchu, která jsou specifická pro konkrétní látky. Receptory jsou různé pro různé typy buněk.⁹

Receptor bývá také označován jako periferní analyzátor, jehož funkcí je příjem podnětů⁵. Na základě toho, odkud podnět přichází, dělíme receptory na: exteroceptory, interoceptory a proprioreceptory⁵⁻⁶.

Exteroceptory

Tyto receptory podněty přijímají z vnějšího (zevního) prostředí. Řadíme zde receptory pro teplo, chlad, bolest, chuť, dotyk apod. Specifická je skupina telereceptorů. To jsou receptory přijímající podněty ze vzdáleného zdroje – např. zrakový, chuťový a čichový receptor.⁵

Interoreceptory

Jsou to receptory, které zpracovávají podněty z prostředí vnitřního (z orgánů). Přijímají informace např. o změnách pH, osmotického tlaku krevní plazmy, složení krve, rozpětí orgánů apod.⁵⁻⁶

Proprioreceptory

Tyto receptory se nacházejí ve svalech, šlachách, kloubních pouzdrech a přijímají z nich podněty. Informují o poloze, pohybu a postavení těla v prostoru.⁵⁻⁶

Na základě toho, jaký charakter má přijímaný podnět, dělíme receptory na: mechanoreceptory, chemoreceptory, termoreceptory, nociceptory (nocicepční receptory) a další⁶⁻⁷.

Mechanoreceptory představují nejčastější typy receptorů. Jsou v kůži jako čidla tlaku a doteku, dále i ve svalech, kloubech, šlachách, močovém měchýři, trávicím traktu apod. Jejich činnost ovlivňují mechanicky řízené kanály. Chemoreceptory jsou základem pro vnímání chutí a pachů.¹⁰

Termoreceptory reagují na teplo a chlad. Jako další se uvádí nocicepční receptory (nociceptory), které vnímají bolest. Receptorový potenciál vzniká podrážděním receptoru a je představován depolarizací buněčné membrány.⁷

Intenzita podnětu závislá na amplitudě receptorového potenciálu. Pro nejslabší podněty jsou receptory nejcitlivější. Z receptoru se signál dál šíří nervovými drahami.¹⁰

2.2.1.2 Dostředivá nervová dráha

Tato dráha (systém dostředivých nervů) spojuje receptory a kůru mozkovou⁵.

Dostředivé nervy – dostředivá vlákna

Vlákna dostředivá (aferentní) jsou obsažena v dostředivých nervech. Rozlišujeme aferentní (dostředivá) vlákna senzitivní a aferentní (dostředivá) vlákna senzorická. Ze smyslových orgánů chuti, čichu, sluchu, zraku vzruchy přivádějí senzorická aferentní (dostředivá) vlákna. Senzitivní dostředivá vlákna vedou výstupy nervů mozkových ze svalů, šlach, kůže, vnitřních orgánů. Informují o poloze a pohybu konkrétních částí těla.⁵

Centrální nervový systém (CNS)

Do centrálního nervového systému směřuje aferentní (dostředivé) vlákno od receptoru¹. Mezi funkčně nejvýznamnější části centrálního nervového systému (CNS) patří mozkový kmen, mezimozek, limbický systém a kůra mozková⁹.

Kůra mozková (neocortex)

Mozeček má na svém povrchu plášť, který je tvořen šedou hmotou – kůrou mozkovou⁶. Mozková kůra (neocortex) v organismu zaujímá výjimečné postavení⁹.

Dochází zde k řízení veškeré činnosti daného organismu. Funkce mozkové kůry je zachytit vzruchy, rozlišit (analyzovat) je a porovnat s už v paměti uloženými informacemi z dřívějšího. Díky této činnosti dojde k vytvoření impulsů, které jsou odpovědí organismu na změny vnitřního a vnějšího prostředí. Mozková kůra je složena ze šesti vrstev nervových buněk. Nacházejí se v ní menší či větší okrsky, jež zastávají určitou funkci. Jsou do nich promítány informace z různých částí těla. Označují se proto jako korová projekční

centra (korové analyzátory). Jsou obvykle párová a nacházejí se na identických místech v pravé i levé hemisféře. Zabírají nevelkou část mozkové kůry. Větší část zaujímají oblasti asociační.⁵

Asociační oblast představuje hlavně mnoho navzájem složitě propojených nevelkých nervových buněk⁹, které propojují jednotlivé části neocortexu (mozkové kůry)⁵.

2.2.2 Vlastní smyslové orgány

2.2.2.1 Zrakové ústrojí (organum visus)

Vzhledem k citlivosti zrakového ústrojí na světelné vlny je nám umožněno pomocí tohoto ústrojí vnímat světlo a barvy.⁵⁻⁶

Pro člověka a většinu savců je zrak nejdůležitějším smyslem. To i vzhledem k tomu, kolik nám poskytuje informací (asi 70 %).¹⁰

Právě pomocí zraku nejvíce vnímáme vnější prostředí⁶.

Je také důležitý pro naši prostorovou orientaci. Orgán zraku nazýváme oko.⁸

Oko (oculus)

Okem vnímáme elektromagnetické záření v rozmezí vlnových délek od 400 nm (fialové) do 750 nm (červené). Je hlavně zaměřeno na rozlišení kontrastů a tím pádem i na rozlišení obrysů.⁹⁻¹⁰

Oko má základ v embryonálním vývoji jako vychlípenina mezimozku⁸ a bývá složeno z oční koule a přídatných očních orgánů.⁵⁻⁶

Oční koule (bulbus oculi)

Oční koule (bulbus oculi) má hmotnost přibližně 6,5 g⁶ a nachází se v očníci, která je v obličejové části lebky⁵ a ve které se nachází tukový polštář (corpus adipotum orbitae), chránící oční kouli před otřesy a nárazy⁶.

Oční koule představuje kulovitý tvar pouze přibližně. Nejdelší rozměr je předozadní (Rokyta a kol.⁷ uvádějí 24 mm) a označuje se jako oční osa.⁵

Stěna oční koule je složena z 3 vrstev. Povrchovou (vnější) vrstvu tvoří bělima a rohovka. Střední cévnatou vrstvu tvoří cévnatka, řasnaté těleso a duhovka. Vnitřní vrstvu tvoří sítnice.⁸

Bělima (sclera)

Jako bělima označujeme vazivovou blánu bílé barvy (u dětí bývá namodralá, u starých lidí nažloutlá kvůli kapénkám tuku)⁵ a zaujímá zhruba 5/6 povrchu oční koule a vzadu jí prochází nerv zrakový⁷.

Rohovka (cornea)

Zaujímá zhruba 1/6 povrchu oční koule (zbytek bělima). Při dotyku rohovky nastává rohovkový reflex (nepodmíněný reflex sevření víček).⁶

Rohovka bývá značně inervována a řadíme ji k nejcitlivějším místům našeho těla⁷.

Cévnatka (choroidea)

V cévnatce je obsaženo mnoho pigmentových buněk a cév, což také způsobuje její hnědočervené zbarvení. Vrstva pigmentových buněk je schopna pohltit světelné paprsky a brání jejich odrazu.⁵⁻⁶

Řasnaté těleso (corpus ciliare)

Jako řasnaté těleso označujeme pokračování cévnatky ve směru dopředu. Jeho základem je sval z hladké svaloviny. Pomocí vláken je spojeno s čočkou.⁶

Duhovka (iris)

Duhovka představuje jakýsi kruhovitý terč, který má uprostřed otvor nebo mezikruží⁷. Otvor uprostřed duhovky je zornice (pupilla), občas nazývaná též jako panenka⁶.

Tímto otvorem vstupují světelné paprsky. V duhovce se nachází hladké svaly, které způsobují rozšíření (paprskovitě uspořádané hladké svaly) zornice, nebo její zúžení (kruhovitě uspořádané hladké svaly). To bývá označováno jako zornicový reflex. Ten vyvolává různá intenzita světla a jeho centrum se nachází ve středním mozku (mesencephalon).⁵⁻⁶

V duhovce se nacházejí pigmentové buňky, které určují její zbarvení. (Albinismus – zcela chybí pigment, červená barva cévnatky prosvítá duhovkou).⁵

Sítnice (retina)

Sítnice tvoří vnitřní vrstvu oční koule a jsou v ní obsaženy světločivé buňky (fotoreceptory), tyčinky a čípky, které reagují na světelné podráždění (v rozmezí 400–750 nm, viditelné spektrum) a jejichž výběžky bývají spojeny s nervovými buňkami⁷.

Rozmístění tyčinek a čípků je nerovnoměrné. Vůbec je nenajdeme v místě označovaném jako slepá skvrna, kde dochází ke spojení vláken zrakového nervu.⁶

Čípků najdeme nejvíce ve žluté skvrně (macula lutea), kde je místo nejostřejšího vidění⁵.

Směrem k obvodu sítnice pozorujeme více tyčinek a méně čípků. Na okrajích sítnice jsou spíše tyčinky.¹¹

Tyčinky a čípky – funkce

Čípky a tyčinky nemají stejnou funkci. Na barvy jsou citlivé čípky (ve středu sítnice), na rozdíl od na barvu necitlivých tyčinek (na okraji sítnice).¹¹

Tyčinek máme více, zhruba 130 milionů a mají v sobě obsaženou látku rhodopsin, který se působením světla rozkládá. Tyčinky zprostředkovávají vidění za šera a za tmy.⁶

Čípků máme dle Kopeckého a Cichého⁶ značně méně, zhruba 7 milionů, a slouží nám k barevnému vidění a vidění za světla⁹.

Rozlišujeme 3 druhy čípků, které jsou citlivé v krátkovlnné (asi 415–450 nm), středovlnné (asi 520–540 nm) a dlouhovlnné (asi 550–570 nm) oblasti spektra. Jejich spektrální citlivost se překrývá.⁹

Pomocí 3 základních barev – červené, zelené a modré a jejich kombinací tak získáme jakýkoli odstín barev. Hovoříme o trichromatickém vidění barev. Pokud chybí jeden druh čípků, dochází k barvosleposti (dichromatickému vidění barev).⁷

Sklivec (corpus vitreum)

Jako sklivec označujeme rosolovitou hmotu mezi čočkou a sítnicí⁵.

Obsahuje vodu, minerální látky, bílkoviny. Vzhledem k tomu, že napíná tlakem stěnu oční koule, drží oku kulovitý tvar.⁶

Čočka (leus)

Čočka je dvojbypouklého tvaru (bikonvexní), průhledná, pružná a nachází se mezi duhovkou a sklivcem. Má za úkol lámat paprsky tak, aby dopadaly na sítnici.⁶

Může měnit své zakřivení a tím korigovat a zajišťovat vidění na blízko i do dálky. Tuto schopnost označujeme jako akomodace čočky.⁵⁻⁶

Nejčastější poruchy vidění

Mezi nejčastější poruchy vidění patří stařecká dalekozrakost, krátkozrakost a dalekozrakost⁶.

Stařecká krátkozrakost (presbyopie)

S postupujícími léty se vzdaluje tzv. blízký bod, který je nejbližší oku a můžeme jej vidět ostře při největší akomodaci čočky. Proto staří lidé blízké předměty nevidí ostře.⁶

Krátkozrakost (myopie)

Při krátkozrakosti vzniká obraz vzdáleného předmětu před sítnicí. Je tak rozmazaný. Upravit se dá rozptylkami.¹⁰

Dalekozrakost (hypermetropie)

Při dalekozrakosti obraz vzdáleného předmětu vznikne za sítnicí. Upravit lze spojnými čočkami - spojkami.⁶

Přídavné orgány oka (organa oculi accessoria)

Mezi přídavné orgány oka řadíme okohybné svaly, oční víčka, spojivku a slzné ústrojí⁵. Pohyby očí jsou výsledkem pohybu šesti příčně pruhovaných okohybných svalů¹⁰. Čtyři tyto svaly jsou přímé a dva šikmé⁶.

Pokud dojde k porušení jejich vzájemné koordinace, nastává šilhání (strabismus). Funkce očních víček je ochranná. Rozlišujeme horní a dolní oční víčko. Spojivka je tenká blána pokrývající vnitřní plochu víček. Má růžovou barvu. Funkce slzného ústrojí je zvlhčovat přední stranu oka a chránit oko před infekcí.⁵

Důležitost zraku při senzorickém hodnocení

Tím, že se člověk z velké části orientuje pomocí zraku, je právě zrakové hodnocení důležité i pro senzorickou analýzu. Na posudek právě tímto smyslem dosti dáme. Například na základě zrakového hodnocení se rozhodneme, zda si danou věc (výrobek) koupíme či nikoli. Například na preferenci barevných potravin je založen marketing prodeje.¹

2.2.2.2 Sluchové ústrojí (organum auditus)

Velký význam má u člověka sluchové ústrojí. Ze společenského hlediska slouží především pro navázání a udržení vztahů, ale má význam i při rozvoji myšlení. V závislosti na sluchu se tvoří řeč, jako tzv. sluchový reflex.⁵

Ústrojí sluchové je řazeno k dálkovým čidlům, díky kterým jsme schopni přijímat informace na větší vzdálenost⁶. Seliger a Vinařický¹¹ tvrdí, že díky němu jsme schopni rozlišovat zvukové vlny. Člověk slyší pouze určitou část (úsek) zvuků z okolního světa, a to zhruba rozmezí od 16 do 20 tisíc kmitů (Hz) za sekundu⁵. Receptorem sluchu je ucho⁶.

Ucho (auris)

Ucho rozdělujeme na 3 části – zevní ucho, střední ucho a vnitřní ucho⁷.

Zevní ucho (auris externa)

Zevní ucho je tvořeno ušním boltcem a zevním zvukovodem zakončeným bubínkem⁷.

Ušní boltec (auricula)

Ušní boltec je útvar kůže, na jehož podkladu je elastická chrupavka. Dolní okraj boltce (ušní lalůček) je bez chrupavky – tvoří jej jen kůže⁷.

Funkcí boltce je zachycení zvukových vln¹⁰. Ty jsou dále vedeny pomocí zevního zvukovodu k bubínkové bláně¹¹. Boltec zprostředkovává informaci o tom, odkud zvuk přichází¹¹.

Zevní zvukovod (meatus acusticus externus)

Zevní zvukovod pokračuje zakřiveným průběhem trubice dlouhé asi 2,5 cm za ušním boltcem. Pokrývá jej kůže obsahující mazové žlázy, jejichž produktem je žlutohnědý maz (cerumen). V dospělosti se zde také objevují chloupky (tragi).⁷

Chloupky spolu s ušním mazem mají vychytávat částičky prachu. Boltec a zevní zvukovod fungují trochu jako rezonátor – zesilují některé zvuky.⁶

Bubínek (membrána tympani)

Jako bubínek označujeme velmi pružnou tenkou ploténku, která je vmezeřena do dutiny středoušní⁷. a představuje rozhraní mezi zevním a středním uchem a zvukové vlny jsou k němu přiváděny zvukovodem, narážejí na něj a ten se tak rozkmitá⁶.

Střední ucho (auris media)

Střední ucho je tvořeno středoušní dutinou (nebo také bubínkovou dutinou), sluchovými kůstkami, sluchovou trubicí a bývá vpředu propojeno s nosohltanem díky Eustachově trubicí (tuba auditiva Eustachii)⁶.

Právě pomocí ní dochází k vyrovnávání tlaku mezi středoušní dutinou a vnějším prostředím (atmosférickým tlakem). Při změnách tohoto tlaku (např. v letadle), můžeme napomoci vyrovnání tlaku polknutím.⁹

Střední část ucha je tvořena středoušní dutinou, která obsahuje 3 sluchové kůstky⁶.

Sluchové kůstky

Sluchové kůstky jsou spolu navzájem kloubně spojeny, díky čemuž mezi nimi dochází k přenosu zvuku. Jmenují se kladívko (malleus), kovádlínka (incus), třmínek (stapes).⁶

Kladívko na jedné straně naléhá na bubínek, na druhé straně je pomocí kloubního spojení propojeno s kovádlínkou a ta je spojena se třmínkem. Báze třmínku se připojuje na oválné okénko (fenestra vestibuli), které je situované mezi středním a vnitřním uchem. Kmitání bubínku je tak přenášeno pomocí sluchových kůstek až na oválné okénko.⁵

Vnitřní ucho (auris interna)

Vnitřní ucho se nachází v dutinách kosti skalní, které jsou označovány jako tzv. kostěný labyrint (labyrinthus asseus), který je tvořen ze tří polokruhovitých kanálků (canales semicirculares ossei), předsíně (vestibulum) a hlemýžďe (cochlea). Předsíň je spojena se středoušní dutinou dvěma okénky – oválným okénkem, v němž je zasazen třmínek a kulatým okénkem, které uzavírá tenká blána.⁸

Vevnitř v kostěném labyrintu se nachází labyrint blanitý (labyrinthus membranaceus), který má dvě části a každá svou funkci. Jedna je část sluchová, druhá rovnovážná (jinak také vestibulární).⁶

Rovnovážná část tvoří vejčitý váček (utricleus) a kulovitý váček (sacculus).⁶

Oba se nacházejí v kostěné předsíni (dále rozvážné ústrojí). Část sluchová je propojena s váčkem kulovitým a vytváří tzv. blanitý hlemýžď (ductus cochlearis). Jeho spodní stěna je tvořena bazální membránou, která je složená z vláken nestejně délky. Tato vlákna jsou napnutá příčně a jsou rozkmitávána podle různých kmitočtů. Na začátku nacházíme vlákna nejkratší, proto zde dochází k příjmu vysokých tónů. Na rozdíl od toho hluboké tóny se zachycují pomocí delších vláken až na vrcholu hlemýžďe.⁵

Na bazální membráně blanitého hlemýžďe nalézáme Cortiho orgán, vlastní sluchový orgán s vláskovými buňkami – sluchovými receptory⁶. Mimo ústrojí sluchové se ve vnitřním uchu nachází i ústrojí rovnovážné⁵.

Ústrojí rovnovážné (statokinetické, vestibulární)

Rovnovážné ústrojí dělíme dle funkce na čidlo statické (které vnímá polohu) a čidlo kinetické (které vnímá pohyb)⁸.

Sluchové vnímání – ucho jako analyzátor

Kmity bubínku jsou přenášeny na sluchové kůstky – kladívko, kovadlinku a třmínek. Právě poslední zmíněný třmínek přenáší kmitání až na membránu oválného okénka (hlemýžďe).⁷

Membrána dále rozkmitá perilymfu (zevní mízu v meziprostoru mezi kostěným labyrintem a blanitým labyrintem. Kmitání této mízy se přenese na endolymfu (mízu uvnitř blanitého hlemýžďe), která se také rozkmitá, čímž dojde ke chvění bazální membrány v určitém místě (podle toho o jak vysoké půjde tóny) a k podráždění receptorů Cortiho orgánu.⁵

Kopecký a Cichá⁶ uvádí, že vzduch z Cortiho orgánu se šíří pomocí vláken sluchového nervu do prodloužené míchy a přes zadní pár čtverhrbolí a thalamus do korového sluchového analyzátoru.

Poruchy sluchového vnímání

Mezi poruchy sluchového vnímání se řadí hluchota, nedoslýchavosti a stařecká nedoslýchavost^{1, 5}.

Hluchota

Jako hluchota označujeme neschopnost sluchového vnímání. Rozlišujeme hluchotu vrozenou a získanou.¹

Nedoslýchavost

Jako nedoslýchavost označujeme sníženou schopnost sluchových receptorů¹.

Stařecká nedoslýchavost (presbycusis)

S přibývajícím věkem horní hranice slyšitelnosti klesá – v 65 letech slyšíme už jen tón o 5 tisících kmitech. Tento jev bývá označován jako stařecká nedoslýchavost.⁵

Důležitost sluchu při sensorickém hodnocení

Také sluch se uplatňuje při sensorickém hodnocení potravin. Některé zvuky jsou dokonce charakteristické pro určité potraviny, například křupání křupek, extrudovaných výrobků, ovoce a zeleniny.¹

2.2.2.3 Kožní smyslové ústrojí (vnímání)

Do tohoto ústrojí řadíme více receptorů: pro chlad, teplo, dotyk, tlak, bolest a označujeme je souhrnným názvem jako kožní (somesetický) analyzátor. Slouží k zajištění povrchového cití.⁵

Dotyk a tlak

Receptory pro dotyk a tlak nazýváme mechanoreceptory⁶. Na těchto receptorech je závislá hmatová schopnost a nejvíce jich je v kůži a sliznici orgánů přicházejících často do kontaktu s předměty⁵. Jedná se například o sliznice úst, nosu, hltanu¹¹.

Na dotyk reagují hmatová (dotyková) tělíska, uložená hlouběji v kůži – ve škáře. Nejvíce jich je v bříškách prstů, na dlaních a na ploškách nohou.⁵

Teplo a chlad

Na teplo a chlad reagují tzv. termoreceptory⁷. Receptorů na chlad najdeme v kůži zhruba 250 tisíc, nachází se těsně pod pokožkou⁵ a reagují při teplotách mezi 10 °C a 45 °C⁷. Mimo kůži je najdeme například ve sliznici rtů, v nosní a ústní dutině⁵.

Receptory na teplo najdeme hlouběji než receptory na chlad, až ve škáře a podkožním vazivu. Těchto receptorů je asi dvacetkrát menší množství než receptorů na chlad⁵ a reagují při teplotách mezi 30 °C a 45 °C⁷.

Bolest

Receptory vnímající bolest nazýváme nociceptory – nocicepční receptory¹⁰ a nalézáme je jak v kůži (tam jich je asi 50 - 100 na 1 cm²), tak v orgánech uvnitř těla⁵. Bolest je důležitá pro ochranu těla (organismu), protože bolestivými podněty bývají zpravidla vyvolané obranné reflexy⁵.

Důležitost hmatu při senzorickém hodnocení

Pomocí hmatu se začíná hodnotit textura potravin. Ke zkoumání dochází nejprve mezi prsty, případně mezi prsty a dlaněmi. Teprve až se vzorek prozkoumá v ruce (rukách), vloží si jej hodnotitel do úst a pokračuje. Hodnocení pomocí hmatu je důležité například u pečiva, masa, nebo ovoce a zeleniny. Uvádí se, že pro hmatové vjemy u potravin je asi 80 nestejných termínů označení.¹

2.2.2.4 Čichové ústrojí (organum olfactus)

Podrobný mechanismus čichového vnímání neznáme¹.

Čichové vnímání

Receptory čichu nazýváme čichové buňky⁶ a nachází se v nejhornějších částech nosních dutin označovaných jako tzv. čichová oblast¹¹. Ve sliznici nosu najdeme celkem kolem 10–20 milionů čichových buněk⁶.

Orgán čichu je podle Kopeckého a Ciché⁶ čichové políčko zaujímající v každé polovině nosní dutiny plochu o velikosti asi 1,5 cm². Na něm nalézáme čichové buňky tyčinkovitého tvaru zakončené nervovými vlákny, ze kterých vyrůstají vlásky^{8, 11}.

Právě vláskovité výběžky jsou situovány směrem k povrchu sliznice a jsou citlivé na molekuly pachových látek, které jsou ve vzduchu. Na druhém konci (opačném, než jsou vláskovité výběžky) mají čichové buňky vlákna nervu čichového, vedoucího podráždění do tzv. čichového mozku. Ten je umístěn na spodině čelních laloků koncového mozku (telencephalon).⁶

Seliger s Vinařickým¹¹ se domnívají, že je možné, že jsou dokonce různé druhy čichových buněk, zatím pro ně však nebyly nalezeny potřebné charakteristiky.

Na čichové podněty má člověk velkou citlivost. Pro vyvolání čichového vjemu nám v některých případech stačí jen několik desítek molekul dané látky. Stejně tak dochází k rychlé adaptaci na čichové vjemy. S přibývajícím věkem čichová citlivost klesá. K jejímu snížení dochází i při kouření nebo poruchách v dutině nosní. Čichové buňky mají regenerační schopnost, pravidelně se během života obnovují.¹⁰

Poruchy čichového vnímání

Mezi poruchy čichového vnímání jsou řazeny kryptosmie, anosmie a hemiosmie¹.

Kryptosmie

Tímto termínem označujeme stav, kdy čichový receptor nemá nijak sníženou schopnost (citlivost), ale hlen pokrývá nosní průchody, čímž dochází k tomu, že se čichové látky nedostanou k receptorům. Tento stav bývá při rýmě.¹

Anosmie

Jako anosmie bývá označována ztráta čichu (čichového vnímání)⁶.

Hemiosmie

Termínem hemiosmie označujeme sníženou citlivost čichového vnímání¹.

Důležitost čichu při senzorickém hodnocení

Vnímání čichem nám navozuje pocity libé a nelibé⁷.

Proto bývá hodnocení čichem velmi emotivní. Vjemy, které jsou nám příjemné, máme tendenci označovat jako vůně, nepříjemné pak jako zápach. Z toho důvodu se příliš neujalo slovo pach pro označení neutrálního čichového vjemu. Dříve mělo hodnocení čichem daleko větší význam než v současné době. Pokud se v senzorické analýze potravin používá, bývá přiřazeno k hodnocení celkového vzhledu a chuti. Velmi podstatné je však čichové hodnocení kosmetických výrobků.¹

2.2.2.5 Chuťové ústrojí (organum gustus)

Dle Trojana⁹ je chuťové ústrojí stejně jako ústrojí čichové přizpůsobeno k detekci chemických látek. (Jak uvádí Pokorný¹⁰, receptory chuti a čichu mají u savců stejný vývoj, řada jejich mechanismů je proto podobná).

To může vést k identickému cíli, například při výběru potravin. Anatomicky a funkčně jsou však odlišné.⁹

Chuťovému ústrojí bude, vzhledem k jeho důležitosti pro tuto práci a návaznosti na další části, věnována následující kapitola.

2.3 Chuť

2.3.1 Anatomie chuťových receptorů

Receptory chuti jsou chuťové buňky, které jsou seskupené do tzv. chuťových pohárků. Najdeme je rozptýlené v ústní dutině – nacházejí se nejen ve sliznici jazyka, ale také ve sliznici měkkého patra, v zadní stěně hltanu i na příklopce hltanu. Sliznici jazyka pokrývá vrstevnatý dláždicový epitel, který vybíhá v různé typy papil (jazykových bradavek).⁶

2.3.1.1 Chuťové papily (papillae linguae)

Chuťové papily se nacházejí na povrchu jazyka a je jich několik typů: nitkovité papily, houbovitě papily, listovité papily, hrozené (rýhovitě) papily (Obr. 1)⁵⁻⁶.

Nitkovité papily (papillae filiformes)

Nitkovité papily jsou nejpočetnější. Najdeme je v celé přední části jazyka. Dochází k nepřetržitému odlupování buněk v šupinkách, což má za následek bílošedé zabarvení jazyka (povleklý jazyk).⁶

Houbovité papily (papillae fungiformes)

Houbovité papily mají červenou barvu a nalézáme na okrajích a na hrotu jazyka, kde jsou mezi nitkovými papilami⁶. Těchto papil bývá asi 150–400¹.

Listovité papily (papillae foliatae)

Listovitých papil bývá málo (asi 15–20) a nalézáme je v zadní části jazyka po stranách (okrajích)¹.

Hrazené (rýhovitě) papily (papillae circumvallatae)

Hrazené papily jsou velikostí největší, můžeme je vidět okem a najdeme je u kořene jazyka, kde vytváří tvar obráceného písmene V. Máme jich asi kolem deseti¹.

Ve stěnách chuťových papil nalézáme chuťové pohárky¹⁰.

2.3.1.2 Chuťové pohárky (caliculi gustatorii)

Počet chuťových pohárků se u autorů různí (Seliger a Vinařický¹¹, dále autoři Sensorické analýzy potravin¹ uvádí dva tisíce, Trojan⁹ devět tisíc, Kopecký a Cichá⁶ kolem deseti tisíc). S přibývajícím věkem jich ubývá⁶. Chuťové pohárky mají hruškovitý tvar, široké jsou přibližně 25–40 µm a dlouhé 30–70 µm a obsahují nejrozličnější typy chuťových buněk¹.

Do míst mezi nimi jsou vmezeřeny buňky podpůrné. Buňky v chuťových pohárcích žijí relativně krátce, asi 14 dní. Nepřetržitě se tedy obnovují.¹⁰

2.3.2 Vnímání chuti

Chuťové receptory mohou podráždit látky, které se rozpouští ve vodě, nebo ve slině. Nerozpustné látky nedráždí chuťové receptory.¹¹

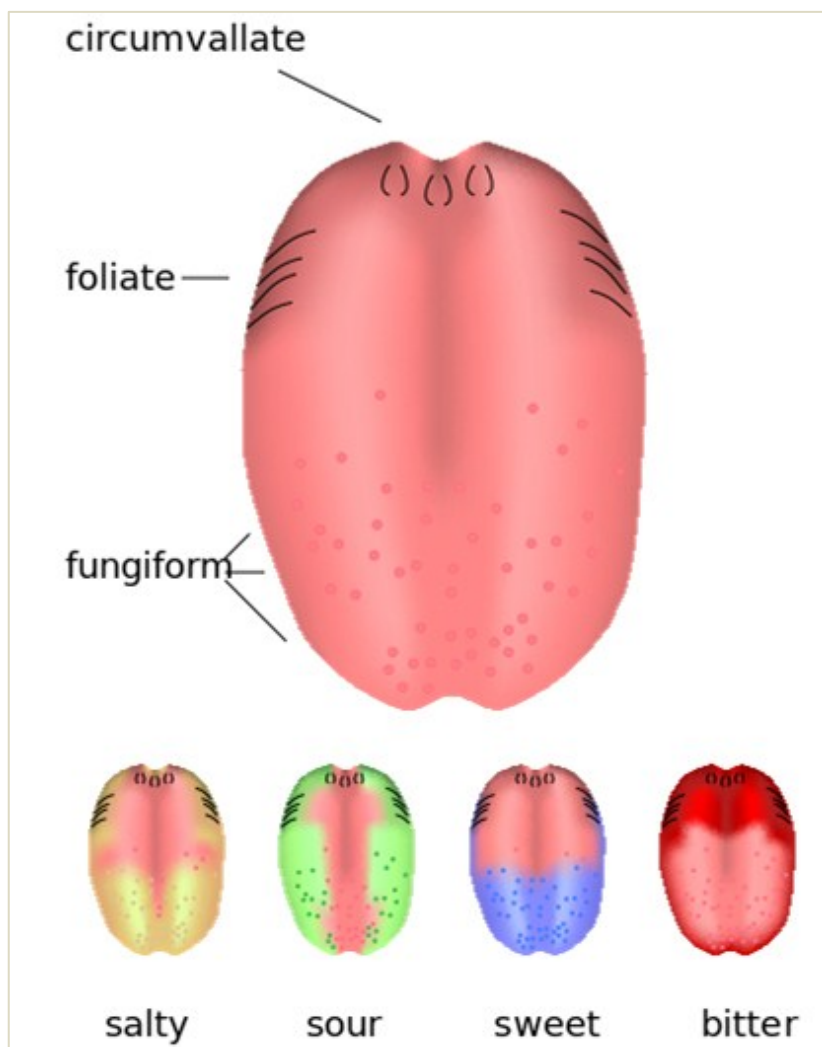
Drážděním těchto receptorů vznikají vzruchy, které jsou pomocí aferentních nervových vláken vedeny do prodloužené míchy. Odtud se vzruchy jednak přepojují na neurony mířící do korové části chuťového analyzátoru a jednak vyvolávají uskutečnění řady reflexních dějů, které jsou spojeny s příjmem potravy (například polykání, slinění, vylučování žaludeční šťávy apod.).¹²

Pokud jíme a pijeme, jsou kromě receptorů chuťových drážděny také receptory další, například tlakové, tepelné, chladové, receptory bolesti a hlavně čichové, čímž teprve dochází ke komplexnímu pocitu chuti jídla¹¹.

2.3.3 Rozmístění chuťových receptorů na jazyku

Dle Trojana¹² jsou chuťové receptory do určité míry specializovány. Rozeznávají čtyři základní chutě: sladkou, slanou, kyselou, hořkou⁶. Jsou nesterjně rozmístěny na jazyku a mají jiné dostředivé dráhy¹¹.

Sladkou chuť vnímáme hlavně pomocí receptorů umístěných na špičce jazyka, slanou chuť pomocí receptorů na předních okrajích jazyka, kyselou chuť na zadních okrajích jazyka a hořkou chuť vnímáme hlavně na kořeni jazyka (Obr. 1). Z těchto čtyř vjemů pak dochází ke vzniku ostatních chutí.⁶Rokyta a kol.⁷ uvádí, že chuťové vjemy slábnou s přibývajícím věkem a také kouřením.



Obr. 1: Papily a rozmístění chutí na jazyku - Antimoni[cit. 2017-04-12]

Zdroj: Dostupný pod licencí Creative Commons na www:

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kieli_kaikki_en.svg?uselang=cs>.

2.3.4 Rozlišení chutí

Jak jsem již zmiňovala výše, chuťové receptory rozeznávají čtyři základní chutě – sladkou, slanou, kyselou a hořkou⁶.

Sladkou chuť vyvolávají některé anorganické soli, cukry a dusíkaté sloučeniny. Slanou chuť způsobují vysoké koncentrace některých anorganických iontů, hlavně se jedná o ionty chloridové (zároveň působí jako aktivátory), draselné, lithné. Kyselá chuť je vyvolána Brønstedovými kyselinami (látky, které uvolňují proton H^+ – dále Teorie kyselin a zásad v chemii). Hořká chuť je vyvolána alkaloidy, hydrofobními aminokyselinami, případně proteiny.¹

Celkem nově se rozlišuje chuť umami – jedná se o japonský výraz¹. Z japonštiny se volně překládá jako „lahodná chuť“¹³.

V Asii jde o rozšířenou chuť známou od pradávna, v Evropě se rozlišuje teprve krátce. Tuto chuť způsobuje glutaman hydrogensodný.¹

Při senzorickém hodnocení rozlišujeme ještě například chuť kovovou, trpkou (případně i svíravou), chladivou, hřejivou, pálivou^{1, 13}. Kovovou chuť způsobují soli těžkých kovů – železnaté, měďnaté¹³.

Trpká a svíravá chuť jsou si podobné. Trpkou způsobují hlavně látky polyfenolické, svíravou například kofein v čaji¹.

Chladivou chuť způsobuje například mentol, hřejivou zázvor, pálivou chuť pak alkaloid kapsaicin přítomný v chilli papričkách¹³.

2.3.5 Specifika chuťového vnímání

Vnímání pomocí chuti je specifické, zvláštní. Vzhledem k tomu, že nejdříve musí dojít k rozpuštění chuťově aktivních látek, následně k jejich proniknutí do chuťových pohárků a v nich ještě dále přes slizovou vrstvu až k chuťovým buňkám, trvá tento proces dlouho. Zejména pak u chutí, které mají receptory až v zadní části dutiny ústní. Chuťové podněty lehce vyvolají adaptaci receptorů. Nejvíce to platí pro chuť slanou, méně pro hořkou a sladkou.¹

Při tzv. zkřížené adaptaci pozorujeme například po podání chloridu sodného (NaCl) sníženou citlivost i vůči dalším slaným látkám⁹. Také postupně dochází k posunu koncentrace, ve které je daná chuť nejpříjemnější¹.

I teplota má vliv na vnímání chutí. Při rostoucí teplotě citlivost pozvolna roste až k maximu, odkud pak mírně klesá. Teploty největší citlivosti jsou pro různé chuti odlišné. Například sladká chuť má optimální vnímavost při teplotách v intervalu 35–50 °C, ale hořká chuť při teplotě kolem 10 °C. Nízká citlivost na sladkou chuť bývá při teplotě kolem 0 °C (zmrzlina).¹

2.3.6 Poruchy chuťového vnímání

Poruchy chuťového vnímání se označují jako tzv. geusie a jsou následující: ageusie, hypogeusie, parageusie¹.

Ageusie

Pojmem ageusie označujeme stav nefunkčnosti chuťových receptorů¹ nebo jinak také úplný zánik chuti⁹. Ageusie může být úplná, nebo částečná, týkající se pouze některých základních chutí¹.

Hypogeusie

Hypogeusie označuje sníženou citlivost chuťových receptorů a vyskytuje se mnohem více než ageusie. Často bývá částečná – například snížená citlivost ke slané chuti.¹

Parageusie

Pojmem parageusie se označuje zkreslené vnímání chutí. Dochází k němu například pokud nižší koncentrace sacharózy vnímáme jako trochu hořkou, namísto sladké apod.¹

Některé látky také potlačují nebo ovlivňují vnímání chutí. Například analgetika potlačují citlivost ke všem chutím, kyselina gymnemová chuť sladkou a amilorid chuť slanou. Dále se uvádí, že třeba při léčbě mineralokortikoidy se objevuje po slané jídlu hlad.⁹

2.3.7 Důležitost chuti při senzoričtém hodnocení

Smysl chuťový je velmi podstatný pro kompletní vnímání v ústech, proto je nejdůležitější částí senzoričtého hodnocení pro senzoričtí analýzu potravin¹.

2.3.8 Kyselá chuť

Už od pradávna slouží vnímání chutí jako signál pro živočichy. Právě kyselá chuť na jednu stranu signalizuje, že potravina je nezralá, případně nahnílá a jinak poškozená. Na stranu druhou jsou kyselé látky důležité pro náš organismus.¹⁴

2.3.8.1 Mechanismus účinku kyselé chuti

Ačkoli kyselá chuť patří mezi základní chutě, její mechanismus není stále ještě objasněný¹⁴.

V roce 1996 vedly výsledky řady publikací k názoru podobnosti mezi kyselou chutí a neutralizací – reakce mezi kyselinou a bází. V tomto případě jako báze slouží receptor. Nejpravděpodobněji je pro vznik kyselé chuti důležitý účinek protonů, které blokuji draselné (K^+) kanály, otevírají vápenaté (Ca^{2+}) kanály, případně pronikají do buňky přes (Na^+) kanály. V každém z těchto případů dochází k depolarizaci membrány buňky, chuťové buňky dostanou signál a následně dojde k vnímání kyselé chuti až v mozku.¹⁴

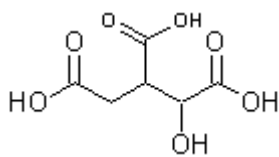
V roce 2006 se poprvé zveřejnily články, které přicházejí s tím, že existuje v chuťovém pohárku speciální protein, který funguje jako senzor kyselé chuti. Jedná se o proteiny dva – PKD2L1 a PKD1L3. Zkoumaly se na myších buňkách a vyšlo, že dochází ke specifické reakci na přítomnost kyseliny chlorovodíkové a citronové. Ač to ještě není úplně zcela jasné, mnoho dalších článků tyto poznatky potvrdilo.¹⁴⁻¹⁵

2.3.8.2 Látky kyselé chuti vyskytující se v potravinách

Kyselé látky se dávají do potravin z důvodu lepší chuti a vůně, pro snížení kontaminace mikroby, neenzymového hnědnutí a pro zlepšení dalších vlastností. V potravinách se vyskytují přirozeně kyselé složky. Nejčastěji je najdeme v ovoci, jako jsou citrony, jablka, pomeranče, jahody, hrozny a další. Některé kyselé látky využíváme v potravinářství jako přídatné látky. Jsou to například kyselina octová, citronová, mléčná, adipová, vinná, jablečná a další.¹⁴

Kyselina citronová

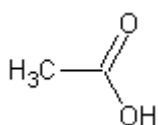
Kyselina citronová je slabá trikarboxylová kyselina [1], vyskytuje se hlavně v citronech a citrusových plodech, v menší míře je i v dalším ovoci a zelenině. Často se tato kyselina využívá v potravinářském průmyslu a značí se číselným kódem E330. Používá se jako konzervant díky tomu, že zabraňuje růstu plísní a kvasinek, dále jako regulátor kyselosti, antioxidant a stabilizátor. Najdeme ji převážně v nealkoholických nápojích, vínech, v marmeládě, mraženém ovoci, majonéze apod. Dále také v kosmetických a farmaceutických výrobcích. Pro potravinářské účely se kyselina citronová vyrábí fermentací melasy nebo třtinového cukru.¹⁶⁻¹⁷



[1]

Kyselina octová

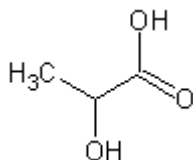
Kyselina octová je karboxylová kyselina [2]. Přítomna je například v jablkách, vinných hroznech, pomerančích a dalších. V potravinářském průmyslu má řadu využití a je označena číselným kódem E260. Používá se jako konzervant a okyselující přísada.¹⁸



[2]

Kyselina mléčná

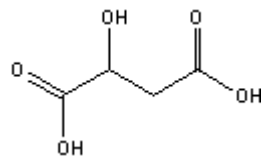
Kyselina mléčná je karboxylová kyselina [3]. Je to látka upravující kyselost. Najdeme ji v nápojích, margarínech, cukrovinkách, pečivu, sýrech, používá se i v pivovarnictví. Vzniká mléčným kvašením cukrů, například v mléce, kysaném zelí, sýrech a přirozeně tyto potraviny konzervuje. Kyselina mléčná jako přídatná látka v potravinách je označena kódem E270.¹⁹⁻²¹



[3]

Kyselina jablečná

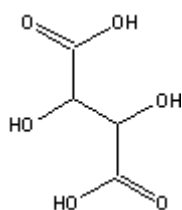
Kyselina jablečná je dikarboxylová kyselina [4] se silně kyselou chutí. Najdeme ji například v jablkách a víně. Jako přídatná látka v potravinách nese označení E296.²²⁻²⁴



[4]

Kyselina vinná

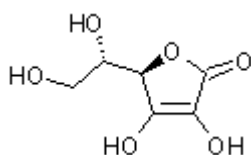
Kyselina vinná je dikarboxylová kyselina [5] a najdeme ji v ovoci. V potravinářském průmyslu nese označení E334 a využívá se hlavně k úpravě kyselosti vín, ovocných nápojů, cukrovinek, pečiva, ovocných šťáv. Je součástí prášků do pečiva.²⁵⁻²⁶



[5]

Kyselina L-askorbová

Kyselina L-askorbová [6] je jinak také označována jako vitamín C. Najdeme ji v ovoci, například v citrusových plodech, rybízu, šípcech. Ze zeleniny je obsažena v bramborách, paprikách, brokolici a dalších. Člověk ji musí přijímat v potravě, protože si ji nedokáže syntetizovat. Vitamín C působí jako antioxidant, podporuje imunitu, vstřebávání železa a další. Deficit vitamínu C se projevuje nemocí, která se nazývá kurděje. Dnes se vyskytuje pouze v extrémních podmínkách. V potravinářském průmyslu má kyselina L-askorbová označení E300. Používá se jako antioxidant a konzervační prostředek.²⁷⁻²⁸



[6]

2.3.8.3 Ovlivnění vnímání kyselé chuti

Vnímání kyselé chuti v potravinách může být ovlivněno přítomností jiných látek. Například v ovoci, nápojích, vínu může být kyselost (kyselin) částečně maskována sladkou chutí cukru.¹³

Vnímání kyselé chuti může také ovlivňovat chuť slaná¹⁴.

Existuje ovšem bílkovina zvaná mirakulin, která je sama o sobě bez chuti, nicméně mění vnímání kyselé chuti na chuť sladkou. Účinky tohoto proteinu jsou relativně trvanlivé, potlačení kyselé chuti může trvat desítky minut. Přesný mechanismus účinku však není ještě znám. Zřejmě však dochází k tomu, že se naváže na membránu receptoru chuti, který je blízko chuti pro chuť sladkou.^{14, 29}

Mirakulin je glykoprotein skládající se ze 119 aminokyselin a nachází se v červených bobulích keře *Synsepalum dulcificum* (synonymum – *Richardella dulcifica*) z čeledi Sapotaceae. Tento keř se vyskytuje v západní Africe.^{14, 29-30}

Protein mirakulin zatím nebyl schválen k používání v potravinářství²⁹.

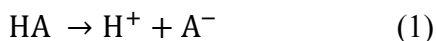
2.3.8.4 Teorie kyselin a zásad v chemii

Reakce v chemii, kdy spolu reaguje kyselina (z latinského acidum = kyselina) a zásada (z řeckého basei = základ, zásada) označujeme jako acidobazické³¹. Definice a teorie pojmů kyselina a zásada se v minulosti lišily³².

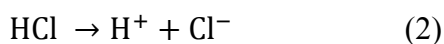
Arrheniova teorie

O první teorii kyselin a zásad se postaral v roce 1887 Arrhenius. Základem této teorie byla představa, že kyseliny a zásady jsou elektrolyty – látky, které mají v roztocích schopnost disociovat na ionty. Kyseliny Arrhenius definuje jako látky, které ve vodném prostředí odštěpují proton (H^+) a zbyde kyselinový zbytek (A^-).³²⁻³³

Obecně³²⁻³³:



Příklad³²⁻³³:

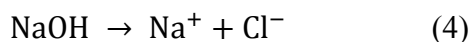


Zásady jsou pak definovány jako látky, které ve vodném prostředí uvolňují hydroxidový iont (OH^-) a zbyde zbytek zásady (B^+).³²⁻³³

Obecně³²⁻³³:



Příklad³²⁻³³:



Brönstedova teorie

S další teorií kyselin a zásad, tentokrát platnou i pro nevodné prostředí, přišli roku 1923 nezávisle na sobě J. N. Brönsted a T. W. Lowry. Označována bývá jako Brönstedova teorie.³²⁻³⁴

Podle této teorie jsou kyseliny látky schopné odštěpit vodíkový kation (proton), zásady (báze) jsou pak látky schopné vodíkový kation (proton) přijmout – vázat³¹⁻³². Kyselina je tedy donor protonu, zásada pak akceptor protonu³³.

Vzhledem k tomu, že dochází k výměně protonu, označujeme tyto reakce také jako protolytické. Po odštěpení protonu z kyseliny se z ní stane konjugovaná báze (zásada) a ze zásady se přijetím protonu stane konjugovaná kyselina.³²



Při těchto dějích dochází k ustavení rovnovážného stavu. Reakce tedy mohou probíhat jak zprava doleva, tak i zleva doprava.³²

„Čím silnější je kyselina, tzn. čím snáze uvolňuje proton, tím slabší bude konjugovaná zásada, neboť tím obtížněji bude proton opět přijímat.“^{34, s.191}

Některé látky jsou schopny proton jak uvolňovat, tak přijímat. Říkáme o nich, že jsou amfiprotní.³⁴

Brønstedova teorie má nedostatek, kterým je skutečnost, že neobjasňuje „kyselé vlastnosti“ látek, které neobsahují vodíkový atom. Z tohoto důvodu vznikalo mnoho obecnějších teorií o kyselinách a zásadách. Nejznámější z nich je Lewisova teorie.³²

Lewisova teorie

S touto teorií přišel v roce 1923 Lewis a byla založena na elektronové teorii chemické vazby³².

Lewis označuje jako kyseliny ty látky, které mají volný (vakantní) orbital a jsou schopné přijmout elektronový pár od jiné látky. Jako zásady jsou pak označovány ty látky, které mají volný elektronový pár a mohou jej sdílet s jinou látkou.^{33, 35}

Tato teorie má tu nevýhodu, že je velmi obecná. Pojmy kyselin a zásad jsou natolik široké, že by byly do acidobazických dějů zahrnovány i komplexotvorné děje, nějaké oxidačně – redukční reakce, srážecí děje a další. Z těchto důvodů se v současné době využívá pro výklad acidobazických dějů hlavně Brønstedova teorie. Lewisova koncepce je využívána při reakčních mechanismech jak v anorganické, tak i v organické chemii.³²⁻³³

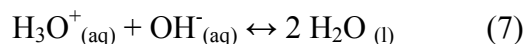
Acidobazická reakce – neutralizace

Jako acidobazické reakce označujeme ty reakce, ve kterých spolu reaguje kyselina se zásadou ve smyslu Brønstedovy teorie. Tedy že kyseliny odštěpují a poskytují vodíkové ionty (H^+) a zásady naopak tyto ionty přijímají.³³

Jednou z nejdůležitějších acidobazických reakcí je neutralizace.³¹

Neutralizace

Neutralizací označujeme reakci, při které reaguje vodný roztok kyseliny s vodným roztokem hydroxidu. Dochází při ní tedy ke spojení většiny oxoniových iontů (H_3O^+) s hydroxidovými ionty (OH^-) a vznikají neutrální molekuly vody (Rovnice 7).^{31, 35}



Výsledný roztok je neutrální^{31, 35}. Kromě vody je dalším produktem neutralizace roztok soli příslušné kyseliny³⁵⁻³⁶.

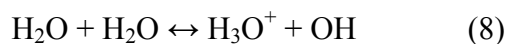
Hydrolýza

Reakce, která je opačná k neutralizaci bývá označována jako hydrolýza.³⁷

Při této reakci reaguje roztok soli s vodou. V roztoku dochází k vyšší koncentraci oxoniových kationtů nebo hydroxidových aniontů.^{31, 35}

Kyselost a zásaditost roztoků

Acidobazický děj probíhá i ve vodě^{31-33, 38}:



Tento děj označujeme jako autoionizace nebo autoprotolýza. Jedná se o rovnovážnou reakci a rovnováha je silně posunuta doleva. Rovnováha je popsána rovnovážnou konstantou nazývanou jako iontový součin vody.^{31-33, 38}

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] \sim 10^{-14} \text{mol}^2 \cdot \text{l}^{-2} \quad (\text{při teplotě } 25^\circ\text{C}) \quad (9)$$

Ve vodě se koncentrace oxoniových i hydroxidových iontů rovnají^{31-33, 38}:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \sim [\text{OH}^-] \sim 10^{-7} \text{mol} \cdot \text{l}^{-1} \quad (10)$$

Pokud je koncentrace oxoniových i hydroxidových iontů v roztoku stejná, označujeme tento roztok jako neutrální. Pokud je koncentrace oxoniových iontů větší než koncentrace hydroxidových iontů (dochází k tomu při rozpuštění kyseliny ve vodě), roztok je kyselý. A pokud je koncentrace oxoniových iontů menší než koncentrace hydroxidových iontů (dochází k tomu při rozpuštění zásady ve vodě), roztok je zásaditý.³¹

Vodíkový exponent pH

Velké množství dějů chemických, ale i biologických, je závislé na acidobazickém prostředí. Z tohoto důvodu je nutné, aby bylo dáno kritérium, díky kterému je možné posoudit kyselost nebo zásaditost konkrétního prostředí. Jak už bylo výše zmíněno, roztoky rozdělujeme podle vzájemného poměru koncentrací oxoniových a hydroxidových iontů na kyselé, neutrální a zásadité roztoky.³²

Pro zjednodušení údajů vypovídajících o kyselosti byl zaveden tzv. vodíkový exponent, označující se jako pH. Zavedl jej S. P. L. Sørensen v roce 1909 a pH definoval jako záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů. Vzhledem k tomu, že v současné době víme, že je přesnější používat oxoniové ionty, je dnes pH definováno jako záporný dekadický logaritmus koncentrace (přesněji aktivity) H_3O^+ iontů.³²⁻³³

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \quad (11)$$

Číselné hodnoty záporného dekadického logaritmu aktivity a koncentrace oxoniových iontů se prakticky rovnají³³ Pro určení pH je třeba vycházet z iontového součinu vody (rovnice 9). Stejně jako pH je definováno i pOH a platí:³²⁻³³

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \quad (12)$$

Pro určení kyselosti a zásaditosti je zavedena stupnice pH. V čisté vodě jsou si koncentrace oxoniových a hydroxidových iontů rovny, vypočítaná hodnota pH je tedy 7. Zároveň jde i o hodnotu určující neutrální roztok. Pokud je hodnota pH roztoku nižší než 7, roztok je kyselý. Naopak pokud je hodnota pH vyšší než 7, roztok je zásaditý.³¹⁻³²

„Z definice pH tedy pro vodný roztok vyplývá, že čím nižší je jeho hodnota pH, tím je roztok kyslejší a naopak.“^{32, s. 60}

Acidobazické indikátory

Jako acidobazické indikátory označujeme látky mající odlišnou barvu v kyselém, zásaditém a neutrálním prostředí. Ukazují nám tak, zda se jedná o vodný roztok kyselého, zásaditého, nebo neutrálního charakteru. Příkladem indikátoru je například lakmus – v kyselém prostředí se barví červeně, v zásaditém modře. Dalším indikátorem je fenolftalein – v kyselém prostředí je bezbarvý, v zásaditém prostředí je jeho barva červená.³¹

Acidobazickými indikátory jsou i methyloaranž nebo methylčerven.³⁷

Známe i přírodní indikátory, například červené zelí, respektive pigmenty anthokyany, které jsou v něm obsaženy. Kyselý roztok barví indikátor z červeného zelí do červená, neutrální do fialová (modrá), zásaditý roztok pak do zelena. V silně zásaditém prostředí dojde až k hnědožlutému zbarvení.³⁹

Právě s tímto indikátorem pracujeme v úloze Kyselost roztoku II.

Indikátorové papírky

Indikátorové papírky jsou vyráběny z filtračního papíru a jsou napuštěny indikátorem. Slouží k určení pH podle barevné změny. Běžně se používají lakmusové, fenolftaleinové a univerzální indikátorové papírky (mění barvu v širším rozsahu pH).³⁷

S univerzálními indikátorovými papírkami pracujeme v úlohách na Kyselost roztoků.

Měření pH

Základní metodou pro určování kyselosti roztoků je potenciometrické měření pH⁴⁰.

Potenciometrie

Při potenciometrii dochází k měření elektromotorického napětí galvanického článku a posuzuje se závislost napětí na koncentraci (aktivitě) iontu, který určujeme. Galvanický článek k tomuto měření je složen z měrné elektrody a referentní elektrody. Potenciál měrné elektrody je závislý na koncentraci (aktivitě) iontu, který se má určit. Na rozdíl od toho potenciál referentní elektrody je konstantní. Měrných elektrod je několik. Pro měření pH se však nejčastěji používá skleněná elektroda, která patří mezi iontově selektivní elektrody (ISE).⁴⁰

Skleněné elektrody

Skleněné elektrody jsou konstruovány buď jako samostatné, nebo elektrody kombinované – v tomto případě je v jednom tělese obsažena měrná i referentní elektroda.⁴¹

Skleněné elektrody se používají k měření pH ve vodných roztocích (i v některých nevodných) a k potenciometrickým titracím. Při měřeních se vkládá skleněná elektroda do měřených roztoků a v pauzách mezi měřeními se má ponořit do destilované vody v nádobce, která je chráněna před prachem. Vlastní analýze vzorků má předcházet kalibrace, při níž se změří řada standardních vzorků a sestojí se kalibrační křivka. Způsob přímého potenciometrického měření je výhodný tím, že dochází k rychlému odečtení výsledků.⁴⁰

pH metr

K měření pH můžeme použít pH metr. Jeho velkou výhodou je fakt, že můžeme rovnou odečíst výslednou hodnotu. Běžně používané pH metry jsou elektronické voltmetry, které mají velký vnitřní odpor. Dosažitelná přesnost údajů je závislá na třídě přesnosti daného přístroje. Většina přístrojů má náhodnou chybu měření řádově 0,01 pH, u špičkových přístrojů je možné dosáhnout přesnosti lepší o jeden řád. Správnost měření však hlavně ovlivňují vlastnosti měrného článku. Před vlastním měřením se má pH metr kalibrovat dvěma standardními roztoky.⁴⁰

S pH metrem pracujeme v úlohách Kyselost roztoků. K měření používáme pH sensor Vernier⁴².

2.3.9 Slaná chuť

Jak už bylo zmíněno, slaná chuť je jednou ze základních chutí¹⁴.

2.3.9.1 Sůl

Sůl, kterou běžně používáme v kuchyni (někdy se označuje jako kuchyňská nebo jedlá sůl), je chemicky chlorid sodný (NaCl) a získává se z podzemních ložisek (sůl kamenná), případně také z mořské vody, kde je její obsah asi 2,7 %. Sůl kamenná bývá drcena a mele se na různý stupeň granulace. Pokud není dostatečně čistá, tak se provede rafinace, kdy je sůl rozpuštěna, roztok se zahustí a následně nechá vykristalizovat.⁴³

Jedlá sůl má mít podle legislativy minimální obsah chloridu sodného 97% v sušině. Do soli bývá přidáván jód (kvůli nedostatečné konzumaci v populaci), protože sůl je jeho dobrým nosičem. Přidává se obvykle jako jodid nebo jodičnan draselný. Obsah jódu bývá uváděn na obalu (většinou je množství asi 20–34 mg jódu na kilogram).⁴³

Sůl jako zdroj sodíku

Ve výživě je sůl zdrojem sodíku, který je nezbytný pro správnou funkci organismu⁴³.

Sodík je hlavní kationt mimobuněčných tekutin, společně s draslíkem mají za úkol udržovat stálost osmotického tlaku těchto tekutin i stálost reakce vnitřního prostředí. Soli sodíku jsou schopny na sebe vázat vodu. Sodík ovlivňuje (společně s dalšími ionty – draslíku, vápníku, hořčíku) nervosvalovou dráždivost. Vzhledem k tomu, že v přirozené stravě je sodíku málo, přidává se k ní kuchyňská sůl (chlorid sodný).⁵

Přestože je sodík pro organismus důležitý, postačí konzumace 2–3 gramů soli denně⁴³.

Kojencům úplně stačí malé množství chloridu sodného obsaženého v mateřském mléce, pokrmby by se jim přisolovat neměly. Vyšší příjem je potřeba při práci v horku, nadměrném pocení, zvracení, průjmech. To z toho důvodu, že se spolu s vodou ztrácí i chlorid sodný.⁵

43

Sůl a vysoký krevní tlak

Příjem soli má vliv na zdraví. U osob, které mají sklon k vysokému krevnímu tlaku, má nadměrná konzumace soli tendenci krevní tlak ještě zvyšovat a tím se následně podílet na srdečních onemocněních a onemocněních cév.⁴³

Krevní tlak

Jako tlak krve (krevní tlak) označujeme sílu, kterou krev působí na stěny cév. Velikost tlaku krve je závislá na systolickém a minutovém srdečním objemu, na odporu cévního řečiště, dále je důležité množství krve v tepnách. Tlak kolísá – maxima dosahuje při stavu systoly, minima ve fázi diastoly. Proto nejvyšší hodnotu tlaku nazýváme tlak systolický, nejnižší pak tlak diastolický. Dospělý člověk má systolický tlak zhruba 120 mm Hg (16 kPa), diastolický tlak pak asi 80 mm Hg (11 kPa). Zapisujeme TK 120/80 mm Hg (16/12 kPa). Při lékařském vyšetření se měří tlak krve v pažní tepně pomocí tlakoměru (tonometru).⁵

Příjem soli se tak má pohybovat mezi 5 až 7 gramy za den (ačkoli postačí i výše uvedené 2 až 3 gramy). Často však bývá značně vyšší, a to 8 až 15 gramů. Největší příjem soli však není kvůli tomu, že si dosolíme oběd, většinou 70 % soli přijímáme přímo v potravinách s více nebo méně slanou chutí. Vyšší obsah soli mají například masné výrobky, sýry, některé konzervované výrobky, solené ořšky, křupky, ochucovadla a další.⁴³

2.3.9.2 Další látky slané chuti

Slanou chuť, nebo nádech slané chuti, můžeme cítit i u dalších látek. Nejvíce slanou chuť má již popsáný chlorid sodný. Méně slanou chuť mají například chlorid lithný, bromid lithný, bromid sodný, jodid sodný a další. Chuť slanohořkou má například chlorid draselný, bromid draselný a další.⁴⁴

V současné době má potravinářská výroba tendenci snižovat obsah soli, k dosažení požadované chuti se pak používají náhražky soli, koření, popřípadě další ochucovadla⁴³.

Hlavně v USA se hodně prodává „sůl s nižším obsahem sodíku“, hlavně tedy chlorid draselný. Nevýhodou je právě jeho hořká, někdy až kovová, pachut'.⁴⁴

2.3.9.3 Zvýraznění slané chuti

Vzhledem k tomu, že soli konzumujeme více, než by bylo dobré, jeví se jako východisko z této situace nalezení nejedovatých přírodních látek, které by tak zvýraznily slanou chuť chloridu sodného natolik, že by se mohlo jeho množství v potravinách (ale i nápojích) do značné míry zredukovat. Například aminokyseliny (případně proteiny) velmi zvýrazňují slanou chuť chloridu sodného, přestože samy slanou chuť nemají. Tento poznatek byl vysledován u leucinu a u isoleucinu. Takže pak směs, která obsahuje leucin a chlorid draselný s glutamátem sodným (nebo isoleucin s chloridem draselným a glutamátem sodným), dokáže prý zvýšit slanou chuť dané potraviny, případně i nápoje. Nebo jiná směs, která obsahuje hydrochlorid lysinu, chlorid draselný a jantarovou kyselinu, dokáže také zvýšit slanou chuť dané potraviny a ještě k tomu zamaskovat hořkou pachut' chloridu draselného. Ke zvýraznění slané chuti mohou sloužit také proteiny, přesněji hydrolyzáty z ryb (například sardel obecná – *Engraulis encrasicolus*) a také z rostlinných proteinů (pšenice, kukuřice, semena sóji). Všechny tyto proteiny mají často slanou chuť, nevýrazný zápach a rozpouštějí se ve vodě. Jejich chuť se zvýrazní přidáním například chloridu draselného nebo chloridu hořečnatého. Uvádí se i poznatek, že soli glutamové kyseliny umí zesílit pocit slané chuti.⁴⁴

2.3.9.4 Vnímání slané chuti

Vnímání slané chuti má mít na svědomí protein TRPMLB (MCOLN3 – mucolipin 3). Vnímání však může být ovlivněno řadou faktorů. Slaná chuť může být pocíťována při některých onemocněních, také při silné dehydrataci, zánětu nebo infekci slinné žlázy a dalších.⁴⁴

Po slaném se může objevit i hlad, a to v případech nedostatku sodíku a při mineralokortikoidní léčbě⁹.

2.3.9.5 Koncentrace roztoků

Při práci v laboratoři, ale mnohdy i při každodenních činnostech, potřebujeme vědět, jaké zastoupení ve směsi mají konkrétní látky (složky), se kterými dále pracujeme. To nám udává koncentrace.³¹

V této práci s koncentrací pracujeme v úloze Koncentrace roztoku. Koncentraci roztoku lze vyjádřit několika způsoby.³⁷

Látková koncentrace

Látkovou koncentraci definujeme jako: „*podíl látkového množství rozpuštěné látky a objemu vzniklého roztoku.*“^{33, s. 231}

Nejčastěji se jako jednotka látkové koncentrace používá $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Hlavní jednotkou (dle soustavy SI) je však $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$.³³

Roztok o koncentraci $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ bývá v praxi označován jako jednomolární³⁷.

Hmotnostní koncentrace

Podle soustavy SI můžeme hmotnostní koncentraci získat jako podíl množství rozpuštěné látky (v kg) a objemu roztoku (v m^3). Udáváme ji tedy v jednotkách $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Tato jednotka se však shoduje s jednotkou $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$. Můžeme tím pádem hmotnostní koncentraci vyjádřit i jako počet gramů látky obsažené v jednom litru roztoku.³⁷

Hmotnostní procentová koncentrace

„*Hmotnostní procentová koncentrace udává, kolik gramů rozpuštěné látky je ve 100 gramech roztoku.*“^{37, s. 71} Jako příklad Kameník³⁷ uvádí 5% roztok uhličitanu sodného (Na_2CO_3). Ten tedy obsahuje 5 gramů uhličitanu sodného ve 100 gramech roztoku.³⁷

Objemová procentová koncentrace

Objemová procentová koncentrace představuje počet ml rozpuštěné látky ve 100 ml roztoku. Jako příklad Kameník³⁷ uvádí 12% (obj.) roztok etylalkoholu ve vodě. Ten obsahuje 12 ml etylalkoholu ve 100 ml roztoku. Vody je tedy v roztoku 88 (100-12) ml.³⁷

2.3.9.6 Instrumentální metoda konduktometrie

Konduktometrie je elektrometrická metoda, při níž se měří elektrická vodivost roztoku.⁴⁵

Vodivost (konduktance) a měrná vodivost (konduktivita)

Vodivost můžeme vyjádřit jako schopnost elektrolytu vést elektrický proud. Značíme ji G a definujeme jako převrácenou hodnotu elektrického odporu. Jednotkou elektrické vodivosti je Siemens (S). Hodnota vodivosti závisí na geometrických vlastnostech vodiče, jako jsou například plochy elektrod a vzdálenost mezi nimi. Proto byla zavedena i veličina měrná vodivost (konduktivita).⁴¹

„*Měrná vodivost je rovna vodivosti měřené v nádobce o jednotkovém poměru vzdálenosti a plochy elektrod.*“^{41, s. 176}

Měrná vodivost má jednotku $\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$. Ta je dost velká, přístroje proto většinou zobrazují jednotky $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Přepočet je tedy takový, že $1 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} = 0,0001 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$.⁴¹

Měření vodivosti

Měření vodivosti probíhá pomocí vodivostní nádoby (vodivostní cely). Ta bývá ponořena do měřeného roztoku. Vodivostní nádoby jsou většinou skleněné či plastové trubice, uvnitř mají elektrody a jsou ponořené do roztoku natolik hluboko, aby elektrody byly ponořeny. Elektrody bývají často z platiny, titanu, případně grafitu. Nejčastěji jsou ve vodivostní cele elektrody dvě, novější typy jsou ze čtyř elektrod. Vodivostní nádoby jsou zapojeny do elektrického obvodu. Proud, který prochází elektrickým obvodem, má být minimalizován, aby se bránilo polarizaci elektrod.⁴¹

Přímá konduktometrie

V roztocích, které obsahují jen jednu látku, můžeme přímou konduktometrií, tedy ze změřené hodnoty měrné vodivosti, stanovit koncentraci této látky v širokém rozmezí koncentrací. V tomto případě platí lineární závislost měrné vodivosti na koncentraci. S obsahem iontů totiž roste měrná vodivost.⁴⁰⁻⁴¹

Kalibrační křivka pro přímou titraci je sestrojována na základě proměření roztoků se známou koncentrací.⁴⁰

Přímou konduktometrii využíváme v úloze Koncentrace roztoku, právě pro stanovení koncentrace chloridu sodného v roztoku. Pro měření používáme čidlo vodivosti (konduktometr) značky Vernier⁴⁶.

Nepřímá konduktometrie

Nepřímá konduktometrie se používá pro indikaci jiné veličiny. Ta probíhá na základě sledování měnících se hodnot vodivosti.⁴⁵

Nejčastější případ použití nepřímé konduktometrie je konduktometrická titrace. Ta se provádí v případech, kdy jsou výrazné změny v hodnotách vodivosti před nebo za bodem ekvivalence. Uplatnění má tedy při acidobazických, srážecích a komplexotvorných titracích.^{41, 45}

Konduktometrická titrace je prováděna v titrační nádobce. Do té se ponoří vodivostní elektroda a probíhá měření.⁴⁵

Koncentrace by se dala určit i pomocí jiné metody, například spektrofotometrie. V tomto případě by se vycházelo z Lambert-Beerova zákona, ve kterém je vyjádřen vztah mezi absorbancí a koncentrací látky, kterou právě potřebujeme zjistit.⁴⁵

3 Návrhy badatelsky orientovaných aktivit pro žáky

3.1 Školní a edukační experiment a badatelsky orientovaná výuka

3.1.1 Školní a edukační experiment

Termín školní experiment se používá zejména v souvislosti, pokud je pokus prováděn ve škole. Pojem edukační experiment pak zahrnuje nejen pokusy realizované ve škole, ale i pokusy při mimoškolních aktivitách, případně doma.⁴⁷

V současné době dochází k velkému úpadku těchto experimentů. Nejlépe je tento fakt vidět na vyšším stupni víceletých gymnázií, kde by člověk školní experiment téměř nenašel. Mnohdy nejsou do výuky zařazována ani pravidelná laboratorní cvičení. Problém je tedy nejspíše komplexnějšího charakteru.⁴⁸

Nejčastěji zmiňovaným problémem je čas. Osnovy výuky jsou velmi rozsáhlé, proto jej vyučující většinou nechtějí „obětovat“ na školní experiment, ale raději postupují v teoretické výuce dále podle osnov.⁴⁸

Pokud se však žáci učí pouze teorii, ztrácí pak motivaci a zájem učit se chemii nebo jiné přírodovědné předměty⁴⁷. Školní nebo edukační experiment je totiž ve výuce velmi důležitý, například z hlediska motivace, poznání, ale i dalších^{47, 49-50}.

Dalším problémem jsou finance na pomůcky a chemikálie, které jsou na pokusy potřebné. Proto je třeba zajistit snadno dostupné a bezpečné pomůcky. Některé firmy také nabízejí celou řadu jednoduchých přístrojů k měření, případně jsou dostupné také soupravy pro pokusy.⁴⁷

Řešením jsou i pokusy prováděné s běžně dostupnými (a tím i bezpečnými) látkami⁵⁰.

Dalším východiskem je získat zájem žáků o edukační experimenty. Nejlépe se o to pokusit hned na začátku výuky daného přírodovědného předmětu (například chemie se začíná učit většinou v 8. třídě). Právě zkraje výuky předmětu se uvádí, že jsou 2–3 měsíce, kdy je předmět nový, žáky baví a experimenty v tuto chvíli vítají. V tuto dobu by měl být školní experiment do výuky často zařazován, aby u žáků zájem o předmět přetrvával i nadále a chápali jej jako běžně používaný vyučovací prostředek v hodinách přírodovědného předmětu (zejména pak chemie).⁴⁸

Školní experiment se zpravidla skládá ze tří složek: vědecké, technické a metodické. Vědecká a technická složka jsou většinou v pořádku, neboť vyučující pokus dokáže správně a zručně zrealizovat, i vědecké využití je správné. Komplikace se však mohou

vyskytnout při metodickém využití pokusu, kdy pak pokus ztrácí své vzdělávací kvality, například pokud neodpovídá právě probíranému učivu.⁴⁹

3.1.2 Badatelsky orientovaná výuka

Badatelsky orientovaná výuka představuje změnu ve vyučování přírodovědných předmětů. Jedním z důvodů pro hledání této změny v přírodovědném vzdělávání byl malý zájem o přírodovědné obory⁵¹.

Zároveň od 80. let 20. století procházel scientistický model přírodovědného vzdělávání, který prosazoval převážně abstrakci a zevšeobecnění, krizí^{48, 51}.

Tato krize měla alespoň dva důvody. Jedním byl rozvoj informačních technologií, tím druhým byl přerod společnosti technizované ve společnost učící se.⁵¹

Na základě toho vznikl nový vzdělávací směr zvaný inquiry based education (IBE). Pro vědy přírodní je pak užíván název inquiry based science education (IBSE). Tento výukový směr se velmi rozšířil v USA. V českém jazyce používáme pro tento směr volně přeložený termín „badatelsky orientované vyučování“ (BOV). V badatelsky orientované výuce v přírodních vědách se předpokládá přístup takový, že učitel plní funkci průvodce řešením daného problému a navrhuje žákovi jeho řešení způsobem, který se podobně uplatňuje v běžném výzkumu. Nejprve se tak stanoví hypotézy, sestaví způsob řešení a pomocí metod žáci dojdou k výsledkům. Následuje diskuse a nakonec závěr. Tím žák prochází celou cestu od konkretizace problému až k jeho řešení samostatně nebo ve spolupráci s ostatními spolužáky pod vedením vyučujícího.⁵¹

Tvořivá badatelská výuka proto představuje cíl uplatnění edukačního experimentu v přírodních vědách⁵⁰.

Protože badatelsky orientovaná výuka představuje jakési činnostní vyučování a tvoření na místě, objevuje se zde riziko, že se nepodaří naplnit předpoklady a dojít k požadovanému cíli. Tento způsob výuky je tedy velmi náročný z hlediska přípravy učitele, který zároveň musí být připraven i na to, že hodina nabere jiný, předem neočekávaný, směr. Zároveň je nutné, aby učitel věděl, kterou část výuky koncipovat takovýmto způsobem⁵¹.

Tím pádem by měl být kladen důraz na přípravu učitelů a jejich praxi v této formě výuky⁵².

Badatelsky orientovaná výuka přírodovědných předmětů by měla motivovat žáky a zvýšit zájem o přírodní vědy. Dále rozvíjet jejich myšlení, kreativitu a prohlubovat schopnost řešení daných problémů.⁵¹

Zároveň, jako všechno, má badatelsky orientovaná výuka i své nevýhody a rizika. Mezi nevýhody patří, dle budoucích učitelů, například časová náročnost, zejména pak to, že nejde probrat všechno učivo, problém s oceněním žáků a další.⁵²

Nyní následují návrhy na badatelsky orientované úlohy pro žáky.

3.2 Kyselost roztoků I

Tato úloha se zabývá kyselostí roztoků, v tomto případě půjde hlavně o nápoje. V přílohách je vypracovaný jak scénář pro učitele, tak i pracovní listy pro žáky. Úloha je rozdělena na část senzoricou a instrumentální, žáci tedy budou kyselost zjišťovat několika způsoby.

3.2.1 Senzorická část (senzorická analýza)

Žáci dostanou od vyučujícího na pracovní plochu pět dvojic nápojů:

1. Dvojice: Coca-Cola – pomerančová šťáva (šťáva z čerstvého pomeranče)
2. Dvojice: citronová šťáva (šťáva z čerstvého citronu) – jablečný džus
3. Dvojice: káva – mléko
4. Dvojice: černý čaj – voda
5. Dvojice: pomerančový džus – grepová šťáva (šťáva z čerstvého grepu)

Nápoje jsou v průhledných kelímcích, mohou být označeny symboly – to urychlí žákům vyplňování pracovních listů. Konkrétně jsem použila jablečný džus Relax 100% jablko, káva Tchibo Gold Selection, mléko Madeta jihočeské mléko lahodné polotučné, černý čaj Ahmad Earl Grey, pomerančový džus Hello 100% pomeranč. Vodu jsem použila aktuální z kohoutku, proto mohou být výsledky různé. U citrusů záleží na momentální zralosti.

Úkolem žáků je určit, o jaké nápoje se jedná a který nápoj je z dané dvojice kyselejší. Hodnotí svými ústy, dbají pokynů vyučujících (scénář pro učitele v příloze) a poznatky si zaznamenávají do pracovních listů (pracovní listy v příloze).

Následně mají žáci za úkol seřadit nápoje podle kyselosti tj. od podle nich nejkyslejšího po nejméně kyselý.

3.2.2 Instrumentální část (instrumentální analýza)

V této části si žáci svá hodnocení ověří měřením.

3.2.2.1 pH indikátorové papírky

Nejdříve bude instrumentální část – měření probíhat pomocí pH indikátorových papírků.

Žáci změří pH dvojic nápojů, které měli na začátku senzorické části připravené na stole (vše mají v pracovním listě, kdyby zapomněli, o jaké dvojice šlo) pomocí pH indikátorových papírků. Opět mají určit, který nápoj je z dané dvojice kyselejší a zaznamenají si získané informace do pracovního listu.

Pomocí měření pH indikátorovými papírky seřadí žáci nápoje podle kyselosti, tj. od nejkyselejšího po nejméně kyselý (pracovní list v příloze).

3.2.2.2 pH metr

Dalším krokem instrumentální části je měření pH metrem. Měření bylo provedeno s využitím pH sensoru firmy Vernier podle návodu, případně video návodu⁵³. Nejedná se o analyticky přesný sensor, pro školní podmínky je však jeho citlivost dostačující, navíc jeho provedení umožňuje poměrně snadnou manipulaci bez rizika poškození. Vyučující změří spolu s žáky pH nápojů pomocí pH metru a žáci si potřebné údaje zaznamenají do svých pracovních listů. Měření je závislé na konkrétních nápojích, pH sensoru i správném odečtení hodnoty pH.

Vzhledem k popularitě Coca–Coly a dostupnosti nápojů, je měření jejich pH již poměrně častou záležitostí⁵³⁻⁵⁶.

Nyní mají žáci k dispozici 3 různé způsoby zjišťování kyselosti nápojů – ústy, pH indikátorovými papírky a pH metrem. Jejich úkolem je porovnat výsledky ze všech měření (hodnocení) a zaznamenat do svých pracovních listů.

3.2.3 Kyselost roztoků II – v návaznosti na předchozí úlohu Kyselost roztoků I

Tato úloha je jakési rozšíření předchozí úlohy Kyselost roztoků I. Je proto potřeba, aby probíhala v návaznosti na ni. V přílohách je opět k dispozici jak návod (scénář) pro učitele, tak i pracovní list pro žáky. Úloha je také rozdělena na senzorickou a instrumentální část.

3.2.3.1 Senzorická část (senzorická analýza)

V senzorické analýze se běžně používají k určování kyselé chuti kyselina citronová a kyselina vinná².

Vyučující připraví pro třídu roztoky kyseliny citronové (nebo vinné, mnou vyzkoušené je to však s kyselinou citronovou) o stejném pH, jako měli chutnané nápoje v předchozí úloze a rozlije je do kelímků označených čtyřmístným číselným kódem, jeden kelímek bude pouze s vodou (vzhledem k tomu, že se v předchozí úloze chutnala i voda, tak do vzorku s vodou se nebude přidávat kyselina citronová).

Na pracovním stole (a v pracovním listě) mají žáci stále k dispozici seřazení nápojů od nejkyselějšího po nejméně kyselý (uvažujeme měření pH metrem z důvodu nejpřesnějších hodnot).

Jejich úkolem je přiřadit roztoky kyseliny citronové (a jeden roztok vody) k daným nápojům (v pracovním listě mají spojit nápoje a roztoky). Nejprve hodnotí svými ústy.

3.2.3.2 Instrumentální část (instrumentální analýza)

V této části si žáci opět ověří svá hodnocení měření.

pH indikátorové papírky

Nejprve změří nápoje a roztoky kyseliny citronové pH indikátorovými papírkami.

Ověření za pomoci roztoku sody

Měření probíhá pomocí 5 % roztoku sody (Na_2CO_3 , nebo dekahydrátu $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$). Do kádinek si žáci odpipetují 20 ml roztoku kyseliny citronové (nebo vody v jednom případě) a do každé přikapou pár kapek indikátoru z červeného zeli³⁹. Následně za stálého míchání tohoto roztoku přikapávají roztok sody do původního roztoku kyseliny citronové (nebo jednoho roztoku pouze vody) a pozorují změny. Jakmile dojde k zabarvení do zelena, zapíší si do pracovního listu množství přidaného roztoku sody a pokračují stejným způsobem v ověřování dalšího roztoku kyseliny citronové (případně vody).

Inspirace pro tuto úlohu⁵⁷⁻⁵⁹.

Pro další kontrolu je ještě možné změřit roztoky kyseliny citronové (a jeden roztok vody) pH metrem. Měření probíhá opět podle návodu.

Úkolem žáků je porovnat své senzorické hodnocení s naměřenými výsledky.

3.3 Koncentrace roztoků – Určení spodního podnětového prahu k jedné ze základních chutí

V této úloze si žáci určí svůj spodní podnětový práh k jedné ze základních chutí (v našem případě půjde o slanou chuť). Aby jej určili, budou muset pracovat s různými koncentracemi roztoků (chloridu sodného). Přesné koncentrace roztoků jsou uvedeny v návodu pro učitele v příloze. V přílohách je i k této úloze vypracovaný jak scénář (návod) pro učitele, tak i pracovní list pro žáky.

Úloha je rozdělena na část senzorickou a instrumentální.

3.3.1 Senzorická část (senzorická analýza)

Úkolem žáků je určit svůj spodní podnětový práh k jedné ze základních chutí a zároveň přijít na to, o jakou základní chuť jde. V tomto případě půjde o chuť slanou.

V senzorické analýze se ke zjišťování slané chuti používá chlorid sodný².

Vyučující připraví pro žáky 10 roztoků s koncentrací chloridu sodného (NaCl) v intervalu 0–30 g·l⁻¹ (tento interval se uvádí jako vhodný ke stanovení spodního podnětového prahu ke slané chuti², pokud nechceme nebo nemůžeme počítat s touto hmotnostní koncentrací, provede se přepočet na jiný způsob vyjádření koncentrace), takže například koncentrace 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30 g·l⁻¹ v průhledných kelímcích a další alespoň 2 kelímky s destilovanou vodou.

Jako první dostanou žáci k hodnocení destilovanou vodu, dále pak postupně roztoky od nejnižší koncentrace chloridu sodného.

„Prahová koncentrace se označí jako koncentrace prvního ochutnaného vzorku v řadě, u něhož již byla odlišnost od vody bezpečně prokázána.“^{2 s.12}

Do pracovního listu (viz přílohu) si žák zaznamená, o jakou základní chuť jde a který vzorek (roztok) hodnotil jako první odlišný od vody. Žáci budou mít každý svůj práh citlivosti.

3.3.2 Instrumentální část (instrumentální analýza)

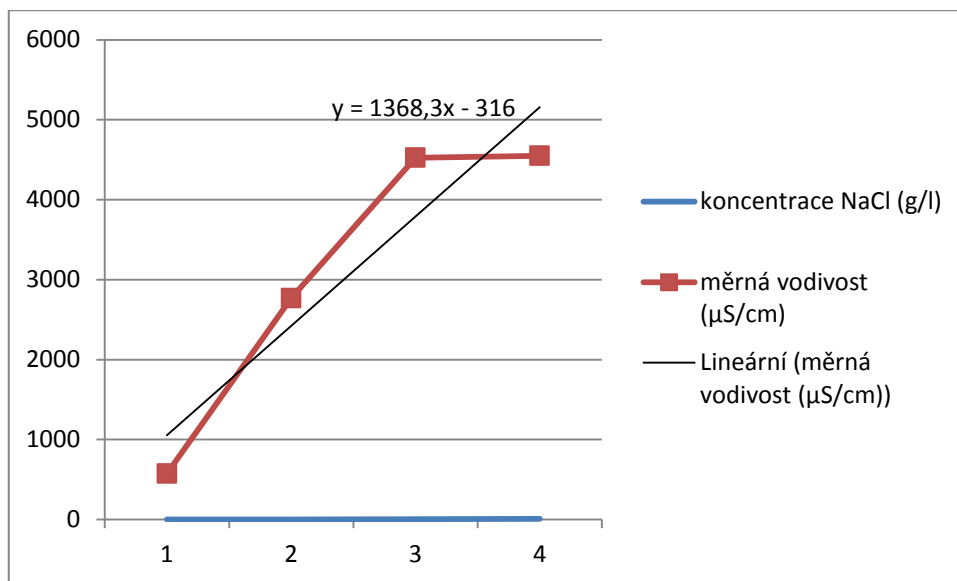
Měření bude probíhat pomocí metody konduktometrie. Postup měření je složitější, proto pracovní list není tolik obsáhlý, instrukce žáci dostávají od vyučujícího (viz přílohu – scénář/návod pro učitele). Je proto třeba, aby dávali pozor a nic z pokynů jim neuniklo.

Nejprve učitel s žáky proměří konduktometrem destilovanou vodu a 3–5 roztoků o známé koncentraci chloridu sodného (já použila koncentraci 1, 5, 8 g·l⁻¹). Pro měření je dobré použít vodivostní sondu Vernier. Nastavení zařízení a průběh měření provádíme podle návodu. Inspirace na webu⁶⁰⁻⁶¹. Mezi měřeními sensor oplachujeme destilovanou vodou. Konduktometrem se naměří vodivost.

Žáci mají za úkol, ve spolupráci s učitelem, zaznamenat hodnoty koncentrace a vodivosti do tabulky v tabulkovém kalkulátoru (Tab. 1) a sestavit graf závislosti vodivosti na koncentraci roztoku (Graf. 1).

Tab. 1: Naměřená hodnota měrné vodivosti při různé koncentraci NaCl v roztoku

| koncentrace NaCl (g/l) | měrná vodivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$) |
|------------------------|--|
| 0 | 574 |
| 1 | 2770 |
| 5 | 4525 |
| 8 | 4550 |



Graf. 1: Závislost měrné vodivosti na koncentraci chloridu sodného

Posléze se změří vodivost roztoku, který si žáci určili jako roztok se spodní prahovou koncentrací k (slané) chuti (naměřenou hodnotu zapíší do pracovního listu) a pomocí údajů v tabulkovém kalkulátoru vypočítají jeho přesnou koncentraci, kterou si opět zapíší do pracovního listu. Výpočet se provede z rovnice v grafu v tabulkovém kalkulátoru (výpočet v příloze).

3.4 Vyzkoušení úloh s budoucími učiteli

Výše popsané úlohy jsem zkoušela se studenty Pedagogické fakulty Univerzity Karlovy v rámci předmětu Modelové chemické experimenty pod vedením vedoucího této práce. Studentů se sešlo na hodině deset a postupně jsme se snažili projít jak části úloh, tak i pracovní listy, které jsou k nim připravené (v příloze). Posluchači pečlivě hledali chyby v zadání a další možná slabší místa. Na základě těchto podnětů byly pracovní listy upraveny.

Při zkoušení úlohy Kyselost roztoku II jsem nejprve zkoušela ověřování seřazení kyselosti pomocí jedlé sody. Trvalo však velmi dlouho, než došlo k zbarvení výsledného roztoku do zelena. Proto byl nakonec pro úlohy zvolen roztok sody.

4 Diskuse a závěr

Senzorického hodnocení, hodnocení pomocí smyslů, je hojně využívanou metodou. V této práci jsem se zaměřila na jeho potenciál pro výuku chemie. Úlohy rozdělené na senzorickou a instrumentální část byly ověřeny se studenty učitelství chemie. Tím došlo k odhalení chyb v zadání jednotlivých úloh. Došli jsme například k závěru, že proměřování pH pomocí pH papírků není mnohdy průkazné (vliv podobných hodnot u běžných nápojů).

Za silné stránky práce považuji jednak samotný výběr tématu, to z důvodu atraktivity senzorického hodnocení a možnosti jeho přínosu něčeho nového a zajímavého do výuky chemie. Úlohy mají ukázat propojení smyslového zážitku a hodnocení s chemickým měřením a danou chemickou problematikou probíranou na hodinách. Dále pak pracovní listy pro žáky, které byly na základě podnětů studentů a budoucích učitelů při zkoušení úloh ještě poupraveny. Za limit práce považuji fakt, že úlohy nebyly vyzkoušeny přímo na žácích ve třídě, nebo posouzeny větším počtem učitelů v praxi. Úlohy byly ověřovány po částech a ne komplexně, jak jsou předkládány. Vzhledem k časové náročnosti i realitě využití ve školních podmínkách, bylo také vybráno jen malé množství látek k senzorické analýze. Práce má proto ještě dobré podmínky pro pokračování a vylepšení toho, co se momentálně nepodařilo.

5 Seznam použitých zdrojů

1. Pokorný, J.; Panovská, Z.; Valentová, H. *Sensorická analýza potravin*, Vysoká škola chemicko-technologická: Praha, 1998.
2. Pokorný, J.; Valentová, H.; Pudil, F. *Sensorická analýza potravin: laboratorní cvičení*, Vysoká škola chemicko-technologická: Praha, 1997.
3. EA - 4/09: Akreditace laboratoří působících v oblasti senzorického zkoušení. *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. ČESKÝ INSTITUT PRO AKREDITACI: Praha, 2004.
https://web.vscht.cz/~kocourev/files/EA%2004_09_web.pdf (accessed March 27, 2017)
4. Lawless, H., T. *Laboratory exercises for sensory evaluation*. Food science text series.
5. Machová, J. *Biologie člověka pro učitele*, 2nd ed.; Univerzita Karlova v Praze, Karolinum: Praha, 2016.
6. Kopecký, M.; Cichá, M. *Somatologie pro učitele*, Univerzita Palackého: Olomouc, 2005.
7. Rokyta, R.; Marešová, D.; Turková, Z. *Somatologie II*, Eurolex Bohemia: Praha, 2002.
8. Jelínek, J. *Biologie člověka a úvod do obecné genetiky*, 2nd rev. ed.; Nakladatelství Olomouc: Olomouc, 1996.
9. Trojan, S. *Lékařská fyziologie*, Grada Publishing: Praha, 1994.
10. Pokorný, J., et al. *Přehled fyziologie člověka*, Univerzita Karlova: Praha, 1994.
11. Seliger, V.; Vinařický, R. *Fyziologie člověka II*, 2nd ed.; Univerzita Karlova: Praha, 1993.
12. Trojan, S. *Biologie člověka v obrazech*, 2nd ed.; Avicenum, zdravotnické nakladatelství: Praha, 1983.
13. Lawless, H. T.; Hildegarde, H. *Sensory evaluation of food: principles and practices*, 2nd ed.; Springer: New York, 2010.

14. Lapčík, O.; Wimmer, Z.; Opletal, L.; Moravcová, J.; Čopíková, J.; Drašar, P. Přírodní látky kyselé chuti, *Chemické listy*. 2015, 109(7), 488-491.
15. Jak nám chutná kyselé. *Český rozhlas* [online] 2006.
http://www.rozhlas.cz/leonardo/veda/_zprava/jak-nam-chutna-kysele--271216
(accessed March 27, 2017)
16. STANOVISKO K POUŽÍVÁNÍ KYSELINY CITRONOVÉ (E 330). *Státní zdravotní ústav* [online] © 2017.
<http://www.szu.cz/uploads/documents/czsp/vyziva/legislativa/stanovisko-kyselina-citronova.pdf> (accessed March 27, 2017)
17. E330 - Kyselina citronová. *Zdravá potravina: Éčka v potravinách* [online] © 2015. <http://www.zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E330> (accessed March 27, 2017)
18. E260 - Kyselina octová. *Zdravá potravina: Éčka v potravinách* [online] © 2015. <http://www.zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E260> (accessed March 27, 2017)
19. E270 - Kyselina mléčná. *Zdravá potravina: Éčka v potravinách* [online] © 2015. <http://www.zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E270> (accessed March 27, 2017)
20. Kyselina mléčná. *Celostní medicína.cz: Informační server o zdraví* [online] 2009. <https://www.celostnimedicina.cz/kyselina-mlecna.htm> (accessed March 27, 2017)
21. Kyselina mléčná. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online] upraveno 2017. https://cs.wikipedia.org/wiki/kyselina_mléčná (accessed March 27, 2017)
22. E296 - Kyselina jablečná. *Éčka v potravinách: Zdravá potravina* [online] © 2015. www.zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E296 (accessed March 27, 2017)
23. Compound Summary for CID 525: Malic Acid. *Pubchem: Open chemistry database* [online] 2004 (upraveno 2017). https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/malic_acid#section=Top (accessed March 27, 2017)
24. Kyselina jablečná. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online] upraveno 2017. https://cs.wikipedia.org/wiki/kyselina_jablečná (accessed March 27, 2017)

25. CompoundSummaryfor CID 444305: L-tartaric acid. *Pubchem: Open chemistry database* [online] 2004 (upraveno 2017).
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/444305#section=Top>
(accessedMarch 27, 2017)
26. E334 - Kyselina vinná. *Éčka v potravinách: Zdravá potravina* [online] © 2015.
www.zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E334 (accessedMarch 27, 2017)
27. CompoundSummaryfor CID 54670067: Ascorbic Acid. *Pubchem: Open chemistry database* [online] 2011 (upraveno 2017).
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/54670067#section=Top>
(accessedMarch 27, 2017)
28. E300 - Kyselina L-askorbová. *Éčka v potravinách: Zdravá potravina* [online] © 2015. www.zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E300 (accessedMarch 27, 2017)
29. Mirakulin. *Bezpečnost potravin A-Z*
[online].www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92491.aspx (accessedMarch 27, 2017)
30. Misaka, T. Molecularmechanismsoftheactionofmiraculin, a taste-modifying protein. *Seminars in Cell &Developmental Biology*. 2013, 24(3), 222-225.
31. Banýr, J.; Beneš, P.; Studnička, E.; Dubová, J.; Hořejš, F.; Kašpárek, M. *Chemie pro střední školy: obecná, anorganická, organická, analytická, biochemie*, SPN: Praha, 1995.
32. Čípera, J. *Didaktika anorganické chemie*, Karolinum: Praha, 1991.
33. Klikorka, J.; Hájek, B.; Votinský, J. *Obecná a anorganická chemie*, 2nd ed.; Státní nakladatelství technické literatury: Praha, 1989.
34. Drátovský, M.; Ebert, M. *Anorganická chemie: Díl I.*, Univerzita Karlova: Praha, 1985.
35. Vacík, J. *Přehled středoškolské chemie*, 4th ed.; SPN: Praha, 1999.
36. Straka, P. *Obecná chemie*, Nakladatelství Paseka: Praha, 1995.
37. Kameník, B. *Obecná a anorganická chemie*, SPN: Praha, 1986.

38. Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G. *Anorganická chemie*, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze: Praha, 2014.
39. Databáze chemických pokusů: Indikátor z červeného zelí. *www.studiumchemie.cz: portál PřF UK na podporu výuky chemie na ZŠ s SŠ* [online] © 2017. <http://www.studiumchemie.cz/pokus.php?id=197> (accessed April 11, 2017)
40. Holzbecher, Z. *Analytická chemie*, SNTL: Praha, 1987.
41. Klouda, P. *Moderní analytické metody: Učebnice základních instrumentálních analytických metod*, Pavel Klouda: Ostrava, 1996.
42. PH Sensor: čidlo kyselosti. *Vernier: Vybavení pro výuku přírodovědných oborů* [online] © 2017. <http://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/ph-bta> (accessed April 11, 2017)
43. Sůl. *Bezpečnost potravin A-Z* [online]. <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92413.aspx> (accessed April 2, 2017)
44. Opletal, L.; Wimmer, Z.; Čopíková, J.; Lapčík, O.; Moravcová, J.; Cahlíková, L.; Drašar, P. Slaná chuť přírodních látek a jejich derivátů, *Chemické listy*. 2011, 105(10), 761-765.
45. Stratilová Urválková, E.; Šmejkal, P.; Trejbalová, I. *Vybrané instrumentální metody ve výuce chemie na SŠ*, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta: Praha, 2008.
46. Conductivity Probe: Elektroda pro měření vodivosti. *Vernier: Vybavení pro výuku přírodovědných oborů* [online] © 2017. <http://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/CON-BTA> (accessed April 11, 2017)
47. Beneš, P.; Rusek, M.; Kudrna, T. Tradice a současný stav pomůckového zabezpečení edukačního chemického experimentu v České republice, *Chemické listy*. 2015, 109(2), 159-162.
48. Škoda, J.; Doulík, P. Lesk a bída školního chemického experimentu. In BÍLEK, M. (ed.) *Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie XIX. Research, Theory and Practice in Chemistry Didactics XIX*. 1. část: Původní výzkumné práce, teoretické a odborné studie. Gaudeamus: Hradec Králové, 2009, s. 238-245.

49. Trna, J. *Fyzika: Záhadná setrvačnost těles v jednoduchých experimentech*, 2013.
50. Rusek, M.; Slavík J.; Najvar, P. Obsahové konstrukce a didaktické uplatnění přírodovědného edukačního experimentu ve výuce na příkladu chemie, *Orbis scholae*. 2016, 10(2), 71-91.
51. Papáček, M. Badatelsky orientované přírodovědné vyučování - cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa? *Scientia in educatione*, 1(1), 2010, s. 33-49.
52. Stuchlíková, I. O badatelsky orientovaném vyučování. In Papáček, M. (ed.). *Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování (DiBi 2010). Sborník příspěvků semináře, 25. a 26. března 2010, Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích* [online] 2010, s. 129–135. <https://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/bi/DiBi2010.pdf> (accessed April 11, 2017)
53. Videonávod: Měření pH nápojů. *Vernier: Vybavení pro výuku přírodovědných oborů* [online] © 2017. www.vernier.cz/video/mereni-ph-napoju (accessed April 11, 2017)
54. Kubešová, S. Zvyšování kvality výuky v přírodních a technických oblastech CZ.1.07/1.1.28/02.0055: pH nápojů (laboratorní práce). *ZŠ a MŠ Trstěnice* [online]. © 2017 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.zstrstenice.cz/projekt-inovace-vyuky/files/file/Inovace/BFCH/EU-Inovace-BFCh-Ch-07.pdf>
55. Křížová, B. Měření pH rostlinných šťáv. *Experimentem k poznání: experimentální laboratorní systémy ve výuce* [online] 2012. www.expoz.cz/material/mereni-ph-rostlinnych-stav-0 (accessed April 11, 2017)
56. Chemie základní škola: Riziko bezpečí. *Věda není žádná věda* [online]. www.vedaneniveda.cz/veda/pdf/3_chemie_zakladni%20skola/02_riziko_bezpec/2.1_kysele_zasaditel.pdf (accessed April 11, 2017)
57. Acidobazické titrace s potenciometrickým určením bodu ekvivalence (vícesytná báze). *Vernier: Vybavení pro výuku přírodovědných oborů* [online] © 2017. <http://www.vernier.cz/experimenty/bilek/ch15.pdf> (accessed April 11, 2017)

58. Kuchařka: Jednoduché experimenty do hodiny chemie, fyziky a přírodopisu – Neutralizace kyseliny. *Vernier: Vybavení pro výuku přírodovědných oborů* [online] © 2017. <http://www.vernier.cz/experimenty/kucharka/index.php> (accessed April 11, 2017)
59. Stanovení celkové acidity ovocných šťáv. *Katedra analytické chemie: UP v Olomouci* [online] © 2008. <http://ach.upol.cz/user-files/files/neutralizacni-titrace-celkova-acidita.pdf> (accessed April 11, 2017)
60. Video: Elektrický proud ve vodě. *Vernier: Vybavení pro výuku přírodovědných oborů* [online] © 2017. www.vernier.cz/video/elektricky-proud-ve-vode (accessed April 11, 2017)
61. Kuchařka: Jednoduché experimenty do hodiny chemie, fyziky a přírodopisu - Elektrická vodivost kapalin. *Vernier: Vybavení pro výuku přírodovědných oborů* [online] © 2017. <http://www.vernier.cz/experimenty/kucharka/index.php> (accessed April 11, 2017)

6 Seznam příloh

Příloha 1: Návod (scénář) pro učitele

Příloha 2: Pracovní listy pro žáky

Příloha 3: Výpočet koncentrace roztoku

Příloha 1 – Návod (scénář) pro učitele

KYSELOST ROZTOKŮ (NÁPOJŮ) I (návod/scénář pro učitele)

Pomůcky: pH metr Vernier, notebook nebo tablet pro zobrazení hodnot pH (vybavený programem Logger Lite), pH indikátorové papírky, průhledné kelímky

Chemikálie: destilovaná voda na oplachování pH metru, voda na vyplachování úst

Chutnané nápoje: Coca-Cola, pomerančová šťáva, citronová šťáva, jablečný džus, káva, mléko, černý čaj, voda, pomerančový džus, grepová šťáva

Úloha je rozdělena na část senzorkou a instrumentální. *Úlohu by bylo vhodné provádět po probrání chemické teorie kyselosti, pH.*

ČÁST SENZORICKÁ

a) Připravte pro žáky 5 dvojic nápojů:

Coca-Cola– pomerančová šťáva (šťáva z čerstvého pomeranče)

Citronová šťáva (šťáva z čerstvého citronu)– jablečný džus

Káva – mléko

Černý čaj– voda

Pomerančový džus – *Grepová šťáva* (šťáva z čerstvého grepu)

Konkrétně jsem použila jablečný džus Relax 100 % jablko, káva Tchibo Gold Selection, mléko Madeta jihočeské mléko lahodné polotučné, černý čaj Ahmad Earl Grey, pomerančový džus Hello 100 % pomeranč. Vodu jsem použila aktuální z kohoutku, proto mohou být výsledky různé. U citrusů záleží na momentální zralosti.

Tyto dvojice nápojů dostanou žáci na pracovní plochu v průhledných nádobách (kelímcích) a v kelímku bude asi 150–200 ml určovaného nápoje. *Pro rychlejší vyplňování pracovních listů mohou být kelímky označeny symboly.* Jejich úkolem je určit o jaké nápoje se jedná a který nápoj je z dané dvojice kyslejší (ten je napsán kurzívou). *Z první dvojice je kyslejší Coca-Cola, z druhé dvojice šťáva z čerstvého citronu, ze třetí dvojice káva, ve čtvrté dvojici černý čaj a v poslední páté dvojici je kyslejší šťáva z čerstvého grepu. Každý vnímá chutě jinak, proto není chyba, když něco určí jinak.*

Učitel: Jaký postup byste zvolili?

Vše si zaznamenají do pracovního listu.

Zkontrolujeme, zda žáci správně identifikovali chutnané nápoje.

Mezi hodnocením jednotlivých nápojů si vždy vypláchnou ústa připravenou vodou (dle pravidel senzorického hodnocení).

Učitel: Proč? Aby jejich hodnocení nebylo zkreslené pachutí od předchozího vzorku.

Učitel: Kde v ústech nejvíce vnímáme kyselou chuť?

- b)** Následně mají žáci za úkol sestavit (seřadit) nápoje podle kyselosti tj. od podle nich nejkyselejšího po nejméně kyselý. Pořadí si zaznamenají do pracovního listu.

Bylo by dobré zdůraznit, že nic není špatně, každý vnímá chuť jinak.

ČÁST INSTRUMENTÁLNÍ I

Učitel: Jak můžeme změřit „kyselost“?

Učitel: Co je to pH? Jak ho můžeme měřit?

Učitel: Jak budete používat pH papírky? Jak správně odečítáme z barevné stupnice?

- a)** Pomocí pH indikátorových papírků změří žáci nejprve pH dvojic nápojů, které měli původně na pracovním stole (viz pracovní list, aby věděli, o které dvojice šlo). Zaznamenají si do pracovního listu. Úkolem je porovnat, zda se určení kyselosti nápojů pomocí pH papírků shoduje s jejich hodnocením ústy.

Učitel: Do jaké míry se hodnocení shoduje?

- b)** Opět pomocí pH indikátorových papírků mají žáci sestavit nápoje podle kyselosti tj. od podle nich nejkyselejšího po nejméně kyselý. Zaznamenají si do pracovního listu.

Učitel: Do jaké míry se hodnocení shoduje?

ČÁST INSTRUMENTÁLNÍ II

Učitel: Můžeme měřit pH ještě jinak, než pomocí pH indikátorových papírků? Jak? (Snažit se je navést na pH metr, nebo sdělit, že se jedná o pH metr a ukázat, jak měření pH metrem vypadá).

Spolu s žáky změřte nápoje pH metrem. Použijte sensor pH Vernier. Pro nastavení a měření postupujte podle návodu. Mezi měřeními oplachujte pH sensor destilovanou vodou.

Měření pH metrem je mnohem přesnější než pH indikátorové papírky. Naměřené hodnoty si žáci znovu zaznamenají do svých pracovních listů.

Nyní mají žáci k dispozici tři různé způsoby hodnocení kyselosti nápojů. Úkolem žáků je porovnat jejich senzorické hodnocení s měřením pH papírky a přesnějším pH metrem.

Výsledné pořadí je: šťáva z čerstvého citronu (nejkyslejší, pH 2,46), Coca-Cola (pH 2,78), šťáva z čerstvého grepu (pH 3,24), šťáva z čerstvého pomeranče (pH 3,72), jablečný džus (pH 3,81), pomerančový džus (pH 3,95), káva (pH 5,32), černý čaj (pH 6,16), mléko (pH 6,41), voda z kohoutku (6,65).

Měření závisí na konkrétních nápojích, pH sensoru na měření pH a správném odečtu pH.

Učitel: Jak kvalitní přístroj máme v ústech?

KYSELOST ROZTOKŮ II – v návaznosti na předchozí úlohu KYSELOST ROZTOKŮ I (návod/scénář pro učitele)

Pomůcky: pH papírky, pH metr Vernier, průhledné kelímky, magnetická míchačka, magnetické míchadélko (včelka), byreta, nálevka, kádinky, stojan, pipeta, balonek, kapátko

Chutnané nápoje: stejné jako v úloze KYSELOST ROZTOKŮ (NÁPOJŮ)

Chemikálie: kyselina citronová (nebo může být kyselina vinná, v tomto návodu dále uvádím kyselinu citronovou), voda, soda (Na_2CO_3), indikátor z červeného zeli

V senzorické analýze se běžně používají k určování kyselé chuti kyselina citronová a kyselina vinná.

- a) Připravte (s žáky) pro třídu roztoky kyseliny citronové a vodu (jeden nápoj byl voda, proto bude voda i v této úloze a nebude se sem přidávat kyselina citronová) o stejném pH jako měli nápoje, které v předchozí úloze chutnali a hodnotili. Abyste docílili požadovaného pH rozpouštějte ve vodě kyselinu citronovou a měřte pH. Roztoky rozlijte do průhledných kelímků a neměly by být seřazeny podle pH. Kelímky označíme kódy – nejlépe čtyřmístnými čísly – podle obecných zásad pro přípravu a předkládání vzorků pro senzorickou analýzu.

Na pracovním stole (a v pracovním listě) mají žáci stále k dispozici pořadí chutnaných nápojů od nejkyselejšího po nejméně kyselý (dle naměřeného pH pH metrem, protože jde o nejpřesnější hodnoty). Jejich úkolem je přiřadit roztoky kyseliny citronové k vybraným nápojům.

Žáci opět hodnotí svými ústy a mezi ochutnáváním jednotlivých roztoků vyplachují ústa připravenou vodou, aby nedošlo ke zkreslení hodnocení. V pracovním listu přiřadí roztok kyseliny citronové označený číslem k nápoji.

- b) Následně si ověří svá hodnocení pH papírky.
- c) Připravte 5 % roztok sody Na_2CO_3 (můžete použít jak bezvodou, tak i formu dekahydrátu $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) tak, že 5 gramů sody rozpustíte v 95 ml vody. Do kádinek si žáci odpipetují 20 ml roztoků kyseliny citronové a v jednom případě vody. Do každé kádinky přidají kapátkem pár kapek indikátoru z červeného zeli. Dojde k zabarvení.

Učitel: Jak se roztoky zabarvily?

Na podložku stojanu si žáci položí magnetickou míchačku, na stojan připevní byretu a nalejí do ní 5 % roztok sody. Po jednom budou ověřovat roztoky kyseliny citronové (a vodu). Do roztoku, který je obarven indikátorem z červeného zeli, vloží včelku, dají jej na magnetickou míchačku a zapnou míchání. Pomalu přikapávají 5 % roztok sody a pozorují změny. Jakmile se roztok zbarví do zelena, zapíší si do pracovního listu množství přidaného roztoku sody a pokračují v ověřování dalšího roztoku kyseliny citronové (nebo vody) stejným způsobem.

Učitel: Jaké barevné změny pozorujeme? Proč se roztoky zabarvují?

Až žáci ověří všechny roztoky kyseliny citronové a vody, podle množství přidaného roztoku sody znovu určí pořadí kyselosti (jako nejkyselejší bude označen ten roztok, ke kterému přikapali nejvíce roztoku sody). Místo sody by šel použít i roztok hydroxidu sodného, ale jako běžnější a bezpečnější látka je zde uvedena soda.

- d)** Roztoky kyseliny citronové (a jeden roztok vody) můžete změřit ještě pH metrem pro další kontrolu.

KONCENTRACE ROZTOKU

URČENÍ SPODNÍHO PODNĚTOVÉHO PRAHU K JEDNÉ ZE ZÁKLADNÍCH CHUTÍ (návod/scénář pro učitele)

Pomůcky: průhledné kelímky, čidlo vodivosti (konduktometr) Vernier, notebook s tabulkovým kalkulátorem a programem pro čtení hodnot naměřených konduktometrem (Logger Lite)

Chemikálie: chlorid sodný (roztoky chloridu sodného o koncentraci 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30 g·l⁻¹), destilovaná voda, destilovaná voda k oplachování konduktometru

Úloha je rozdělena na senzorickou a instrumentální část. *Pokus by bylo dobré provádět v návaznosti na probrané téma koncentrace roztoků.*

ČÁST SENZORICKÁ

Připravte pro žáky 10 roztoků s koncentrací chloridu sodného v intervalu 0–30 g·l⁻¹ (*tento interval se uvádí jako vhodný pro stanovení podnětového prahu ke slané chuti*) například koncentrace 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30 g·l⁻¹, *pokud nechceme nebo nemůžeme pracovat s hmotnostní koncentrací, provede se přepočet na jiný způsob vyjádření koncentrace*) v průhledných kelímcích a další alespoň dva kelímky jen s destilovanou vodou. Všechny budou označeny kódy, nejlépe čtyřmístnými čísly, podle obecných zásad pro přípravu a předkládání vzorků pro senzorickou analýzu.

Zdůrazníme, že destilovaná voda je bez chuti.

Úkolem žáků bude určení jejich prahu citlivosti (spodního podnětového prahu) k jedné ze základních chutí. (*Zároveň mají přijít na to, že se bude jednat o slanou chuť*).

Učitel: Jaké máme základní chutě?

Jako první dostanou žáci k hodnocení destilovanou vodu, dále pak postupně roztoky od nejnižší koncentrace chloridu sodného. (*Na začátku se může voda podat vícekrát za sebou, aby z psychických důvodů nehodnotili hned druhý vzorek jako odlišný od vody.*

Vzhledem k destilované vodě a slaným roztokům, žáci poválí v ústech a vyplivnou do připraveného kelímku.

Teprve když žáci ochutnají (a případně zaznamenají do pracovního listu) daný vzorek, může se podat vzorek následující.

Roztok, u kterého již bude bezpečně prokázána jeho odlišnost od vody, bude označen jako roztok s prahovou koncentrací (podle knihy Sensorická analýza potravin: laboratorní cvičení ²).

Jakmile žák rozpozná, že se nejedná o vodu a určí, o jakou se jedná základní chuť, zaznamená si daný vzorek do pracovního listu. *Každý žák bude mít svou prahovou hodnotu roztoku. Je dobré zdůraznit, že není špatně, naopak, když žák označí jiný vzorek než jeho kamarád.*

ČÁST INSTRUMENTÁLNÍ

Učitel: Můžeme nějak změřit koncentraci roztoků? Jak?

Měření bude probíhat pomocí konduktometrie.

Učitel: Co je to konduktometrie? Co konduktometrem naměříme?

Abychom mohli pomocí konduktometrie určit přesnou prahovou hodnotu koncentrace, v tomto případě slané chuti, musíme nejprve změřit hodnoty vodivosti destilované vody a roztoků o známé koncentraci. (*Konduktometrem naměříme vodivost*).

- a)** Připravte destilovanou vodu a roztoky (3–5 roztoků) o známé koncentraci chloridu sodného a spolu s žáky změřte jejich hodnoty vodivosti. Roztoky budou mít koncentraci 1, 5, 8 g·l⁻¹. K měření je vhodné použít elektrodu pro měření vodivosti od firmy Vernier. Nastavení přístroje a vlastní měření proveďte podle návodu. Mezi měřeními oplachujeme sensor destilovanou vodou.

Žáci mají za úkol zaznamenat hodnoty vodivosti dle koncentrace do tabulky v tabulkovém kalkulátoru a sestavit graf závislosti vodivosti na koncentraci roztoku.

- b)** Následně žáci změří vodivost roztoku, který mají určený jako prahový a pomocí údajů z tabulkového kalkulátoru spočítají jeho přesnou koncentraci.

Zjištěnou hodnotu své citlivosti porovnají mezi sebou a se standardizovanými tabulkami.

Příloha 2 – Pracovní listy pro žáky

KYSELOST ROZTOKŮ I.

- SENZORICKÁ ČÁST

1. Na stole máte 5 dvojic nápojů. Po instrukcích od vyučujícího napište o jaké nápoje si myslíte, že se jedná.
2. Zakroužkujte vždy ten nápoj z dané dvojce, který podle vašeho názoru chutná více kyselé.

| | | | |
|------------|----------------------|---|----------------------|
| 1. dvojice | <input type="text"/> | a | <input type="text"/> |
| 2. dvojice | <input type="text"/> | a | <input type="text"/> |
| 3. dvojice | <input type="text"/> | a | <input type="text"/> |
| 4. dvojice | <input type="text"/> | a | <input type="text"/> |
| 5. dvojice | <input type="text"/> | a | <input type="text"/> |

3. Seřadte nápoje podle kyselosti tj. od podle vás nejkyselejšího po nejméně kyselý. Můžete používat symboly, kterými jsou nápoje označeny.

| | | |
|----------------------|----------------|----------------------|
| | nejkyselejší | |
| <input type="text"/> | | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | | <input type="text"/> |
| | nejméně kyselé | |

• INSTRUMENTÁLNÍ ČÁST

Jak například můžeme měřit kyselost?

Co je to pH?

1. Měření pomocí.....

1a. Přepište si názvy nebo symboly nápojů z předchozí strany ze cvičení 1.

1b. Provedte měření pomocí.....a zaznamenejte hodnoty pH do příslušného políčka ozn. jako 1. pH.

1c. Zakroužkujte vždy pH nápoje z dané dvojice, který je podle vašeho stávajícího měření kyselejší.

| | | 1. pH | 2. pH | | | 1. pH | 2. pH |
|------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|---|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. dvojice | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | a | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. dvojice | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | a | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. dvojice | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | a | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. dvojice | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | a | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. dvojice | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | a | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

1d. Na základě měření.....seřadte nápoje podle kyselosti tj. podle vás od nejkyselějšího po nejméně kyselý.

| | | nejkyselější |
|----------------------|--------------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| | | nejméně kyselý |

2. Měření pomocí.....

2a. Provedte měření pomocí.....a zaznamenejte hodnoty pH do příslušného políčka ozn. jako 2. pH ve cvičení 1.

2b. Zakroužkujte vždy pH nápoje z dané dvojice, který je podle vašeho stávajícího měření kyselejší.

2c. Na základě měření.....seřadte nápoje podle kyselosti tj. podle vás od nejkyselějšího po nejméně kyselý.

| | | nejkyselější |
|----------------------|--------------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| | | nejméně kyselý |

Do jaké míry se shodovaly se vaše výsledky v senzorické a instrumentální části? Zdůvodněte.

.....

.....

Co vás nejvíce překvapilo?

[illegible]

KONCENTRACE ROZTOKU

URČENÍ SPODNÍHO PODNĚTOVÉHO PRAHU K JEDNÉ ZE ZÁKLADNÍCH CHUTÍ

• SENZORICKÁ ČÁST

1. Dle instrukcí vyučujícího zjistíte svůj spodní podnětový práh k jedné ze základních chutí.

1a. Jaké máme základní chutě?.....

1b. Napište číslo vzorku, který byl podle vás, jako první odlišný od vody.....

1c. O jakou základní chuť se jedná?

• INSTRUMENTÁLNÍ ČÁST

1. Jaký přístroj budete používat k měření?

2. Následujte instrukce vyučujícího pro měření a následnou práci v tabulkovém kalkulátoru.

-1

3. Vodivost roztoku mého spodního podnětového prahu je..... $\mu\text{S}\cdot\text{cm}$

4. Z údajů v tabulkovém kalkulátoru spočítejte s pomocí učitele přesnou koncentraci vašeho prahového roztoku.

5. Můj spodní podnětový práh.....chuti je o koncentraci

Příloha 3 – Výpočet koncentrace roztoku

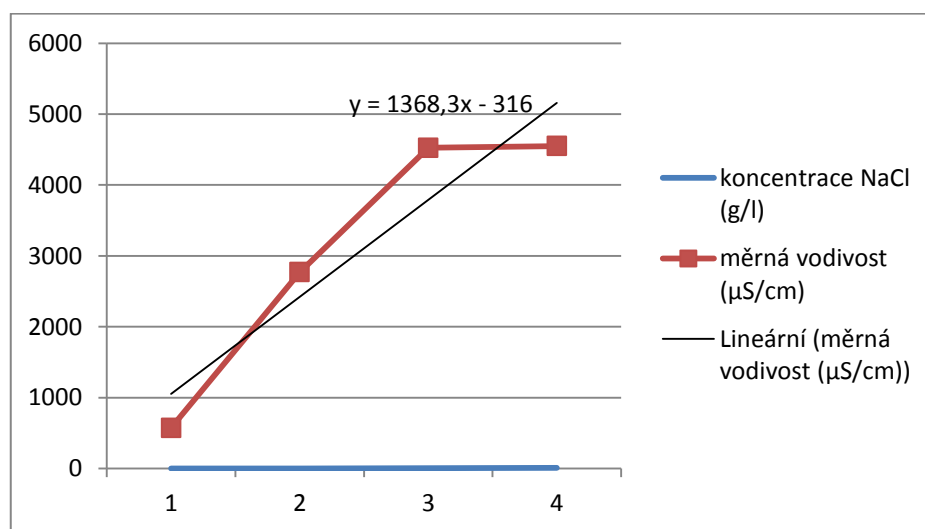
Příklad výpočtu koncentrace chloridu sodného z naměřené hodnoty měrné vodivosti a grafu závislosti měrné vodivosti na koncentraci, vytvořeném v tabulkovém kalkulátoru.

Nejprve je potřeba si v tabulkovém kalkulátoru vytvořit tabulku s hodnotami (Tabulka 1).

Tabulka 1: Naměřená hodnota měrné vodivosti při různé koncentraci NaCl v roztoku

| koncentrace NaCl (g/l) | měrná vodivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$) |
|------------------------|--|
| 0 | 574 |
| 1 | 2770 |
| 5 | 4525 |
| 8 | 4550 |

Následně si sestavíme graf (Graf 1).



Graf 1: graf závislosti měrné vodivosti na koncentraci chloridu sodného

Z rovnice grafu: $y = 1368,3x - 316$ můžeme vypočítat požadovanou hodnotu.

Například pokud naměřím hodnotu měrné vodivosti neznámého vzorku $4504 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ postupuji následovně: za hodnotu y dosadím 4504 a vypočítám neznámou x , která představuje právě hledanou koncentraci chloridu sodného ve vzorku.

$$y = 1368,3x - 316$$

$$4504 = 1368,3x - 316$$

$$x = \frac{4504 + 316}{1368,3} = 3,523 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$$

Vypočítaná koncentrace chloridu sodného v neznámém vzorku je $3,523 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$.